ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

140

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, Bois du Val Benoit, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

JUILLET-AOUT 1970 Mensuel — N° 7-8 Maandelijks JULI-AUGUSTUS 1970

ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, Bois du Val Benoit, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

JUILLET-AOUT 1970 Mensuel — N° 7-8 Maandelijks JULI-AUGUSTUS 1970

COMITE DE PATRONAGE

MM. H. ANCIAUX, Inspecteur général honoraire des Mines, à Wemmel.
L. BRACONIER, Président-Administrateur-Délégué de la S.A. des Charbonnages de la Grande Bacnure, à Liège.
L. CANIVET, Président Honoraire de l'Association Charbonnière des Bassins de Charleroi et de la Basse-Sambre à Bruxelles.
P. DE GROOTE, Ancien Ministre, à Bruxelles.
L. DEHASSE, Président d'Honneur de l'Association Houillère du Couchant de Mons, à Bruxelles.
M. DE LEENER, Président Honoraire du Conseil d'Administration de la Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique, à Bruxelles.
A. DELMER, Secrétaire Général Honoraire du Ministère des Travaux Publics, à Bruxelles.
N. DESSARD, Président d'Honneur de l'Association Charbonnière de la Province de Liège, à Liège.
L. JACQUES, Président de la Fédération de l'Industrie des Carrières, à Bruxelles.
E. LEBLANC, Président d'Honneur de l'Association Charbonnière du Bassin de la Campine, à Bruxelles.
J. LIGNY, Président de l'Association Charbonnière des Bassins de Charleroi et de la Basse-Sambre, à Marcinelle.
A. MEYERS (Baron), Directeur Général Honoraire des Mines, à Bruxelles.
G. PAQUOT, Président de l'Association Charbonnière de la Province de Liège, à Liège.
M. PERIER, Président de la Fédération de l'Industrie du Gaz, à Bruxelles.
P. van der REST (Baron), Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges, à Bruxelles.
J. VAN OIRBEEK, Président Honoraire de la Fédération des Usines à Zinc, Plomb, Argent, Cuivre, Nickel et autres Métaux non ferreux, à Bruxelles.
C. VESTERS, Directeur Général Honoraire de la « N.V. Kempense Steenkolenmijnen », à Houthalen.

BESCHERMEND COMITE

HH. H. ANCIAUX, Ere Inspecteur Generaal der Mijnen, Wemmel.
L. BRACONIER, Voorzitter-Afgevaardigde-Beheerder va de N.V. « Charbonnages de la Grande Bacnure », Luik.
L. CANIVET, Ere-Voorzitter van de Vereniging der K lenmijnen van het Bekken van Charleroi en van Beneden Samber, te Brussel.
P. DE GROOTE, Oud-Minister te Brussel.
L. DEHASSE, Ere-Voorzitter van de Vereniging der K lenmijnen van het Westen van Bergen, te Brussel.
M. DE LEENER, Ere-Voorzitter van de Bedrijfsfederat der Voortbrengers en Verdelers van Electriciteit in Be gië, te Brussel.
A. DELMER, Ere-Secretaris Generaal van het Ministerie va Openbare Werken, te Brussel.
N. DESSARD, Ere Voorzitter van de Vereniging der Kole mijnen van de Provincie Luik, te Luik.
L. JACQUES, Voorzitter van het Verbond der Groeve te Brussel.
E. LEBLANC, Ere-Voorzitter van de Associatie der Ker pische Steenkolenmijnen, te Brussel.
J. LIGNY, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijne van het Bekken van Charleroi en van de Beneden Sar ber, te Marcinelle.
A. MEYERS (Baron), Ere-Directeur Generaal der Mijne te Brussel.
G. PAQUOT, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmi nen van de Provincie Luik, te Luik.
M. PERIER, Voorzitter van het Verbond der Gasnijverhe te Brussel.
P. van der REST (Baron), Voorzitter van de « Groupeme des Hauts Fourneaux et Aciéries Belges », te Brussel.
J. VAN OIRBEEK, Ere-Voorzitter van de Federatie d Zink-, Lood-, Zilver-, Koper-, Nikkel- en andere no ferro-Metalenfabrieken, te Brussel.
C. VESTERS, Ere-Directeur Generaal van de N.V. Ker pense Steenkolenmijnen, te Houthalen.

COMITE DIRECTEUR

MM. A. VANDENHEUVEL, Directeur Général des Mines, à Bruxelles, Président.
P. LEDENT, Directeur de l'Institut National des Industries Extractives, à Liège, Vice-Président.
P. DELVILLE, Directeur Général de la Société « Evence Coppée et Cie », à Bruxelles.
C. DEMEURE de LESPAUL, Professeur émérite d'Exploitation des Mines à l'Université Catholique de Louvain, à Sirault.
H. FRESON, Inspecteur Général Honoraire des Mines, à Bruxelles.
P. GERARD, Directeur Divisionnaire Honoraire des Mines, à Hasselt.
H. LABASSE, Professeur émérite d'Exploitation des Mines à l'Université de Liège, à Liège.
J.M. LAURENT, Directeur Divisionnaire des Mines, à Jumet.
G. LOGELAIN, Inspecteur Général des Mines, à Bruxelles.
P. RENDERS, Directeur à la Société Générale de Belgique, à Bruxelles.

BESTUURSCOMITE

HH. A. VANDENHEUVEL, Directeur Generaal der Mijnen, te Brussel, Voorzitter.
P. LEDENT, Directeur van het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven, te Luik, Onder-Voorzitter.
P. DELVILLE, Directeur Generaal van de Vennootschap « Evence Coppée et Cie» te Brussel.
C. DEMEURE de LESPAUL, Emeritus Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Katholieke Universiteit Leuven, te Sirault.
H. FRESON, Ere-Inspecteur Generaal der Mijnen, te Brussel.
P. GERARD, Ere-Divisiedirecteur der Mijnen, te Hasselt.
H. LABASSE, Emeritus Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Universiteit Luik, te Luik.
J.M. LAURENT, Divisiedirecteur der Mijnen, te Jumet.
G. LOGELAIN, Inspecteur Generaal der Mijnen, te Brussel.
P. RENDERS, Directeur bij de « Société Générale de Belgique », te Brussel.

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

N° 7/8 — juillet-août 1970

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

Nr 7/8 — juli-augustus 1970

Direction-Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie-Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, Bois du Val Benoit, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

Sommaire - Inhoud

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES

1050 BRUXELLES • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • 1050 BRUSSEL

Rue Borrens, 37-41 - Borrensstraat — TEL. 48.27.84 - 47.38.52

Dépôt légal : D/1970/0168

Wettelijk depot : D/1970/0168

BASSINS MINIERS / MIJNBEKKENS — Périodes / Perioden	Production nette / Netto produktie t	Consomm. propre et Fournit. au pers. / Eigen verbr. en levering aan het pers.	Stocks / Voorraden t	Jours ouvrés / Gewerkte dagen	Nombre d'ouv. présents / Aantal aanwezig arb. — Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Indices - Indices — Taille / Pijler	Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Rendement (kg) / Rendement (kg) — Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Présences (1) / Aanw. (%) — Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Mouvem. main-d'œuvre / Werkkrachten schomm. — Belges / Belgen	Etrangers / Vreemdel.	Total / Totaal	Grisou capté et valorisé / Opgevangen en gevaloriseerd mijngas — m³ à 8.500 kcal 0° C - 760 mm Hg
Hainaut - Henegouwen	293.010	26.156	97.927	22,00	6.972	10.024	0,232	0,542	0,799	1.843	1.251	73,79	77,19	— 37	— 120	— 157	2.515.790
Liège - Luik	121.370	8.209	54.111	20,03	3.293	4.687	0,248	0,575	0,819	1.738	1.222	82,82	85,12	— 19	— 24	— 43	
Campine - Kempen	775.501	76.120	332.342	22,00	12.842	17.285	0,113	0,364	0,491	2.749	2.037	90,89	91,95	— 112	— 23	— 135	1.611.998
Le Royaume - Het Rijk	1.189.881	110.485	484.380	21,73	23.095	31.968	0,156	0,429	0,600	2.327(3)	1.666(3)	84,11	87,23	— 168	— 167	— 335	4.127.788
1970 Mars - Maart	1.139.426	109.729	513.823	20,99	23.107	32.177	0,158	0,434	0,608	2.303	1.644	83,50	85,45	— 156	— 136	— 292	3.600.761
Février - Februari	735.593	85.689	511.563	15,30	21.282	29.786	0,187	0,490	0,702	2.042	1.424	82,87	84,71	— 218	— 228	— 446	4.389.184
1969 Avril - April	1.191.766	87.557	1.526.999	20,32	27.653	37.993	0,173	0,482	0,670	2.075	1.492	81,70	83,96	— 211	— 265	— 476	7.188.318
M.M.	1.100.041	90.640	630.744	20,11	25.339	35.067	0,170	0,473	0,664	2.112	1.506	82,37	84,54	— 281	— 402	— 685	5.783.024
1968 M.M.	1.233.846	94.468	1.735.082	20,28	30.101	40.787	0,184	0,506	0,705	1.976	1.418	83,55	85,55	— 200	— 315	— 515	5.393.912
1967 M.M.	1.369.570	96.697	2.643.697	20,31	35.131	47.637	0,202	0,541	0,748	1.847	1.336	85,14	86,78	— 208	— 382	— 590	5.886.368
1966 M.M.	1.458.276	104.342	3.045.509	19,72	40.231	54.455	0,219	0,569	0,787	1.758	1.270	85,07	86.66	— 435	— 617	—1052	4.938.413
1965 M.M.	1.648.843	116.857	2.419.050	20.46	46.591	62.582	0,227	0.602	0,825	1.660	1.212	83,62	85,46	— 346	— 480	— 826	6.588.896
1964 M.M.	1.775.376	118.885	1.488.665	21,33	50.710	68.032	0,237	0,635	0,866	1.574	1.155	83,71	85,66	— 291	+ 323	+ 32	5.514.722
1962 id.	1.768.804	124.240	1.350.544	21.56	52.028	71.198	0,224	0,610	0,853	1.624	1.156	81,17	83,82	— 411	+ 2	— 409	5.848.183
1960 id.	1.872.443	176.243	6.606.610	20.50	51.143	71.460	0,268	0,700	0,983	1.430	1.018	81,18	83,70	— 753	— 745	—1498	5.702.727
1956 id.	2.455.079	254.456	179.157	23.43	82.537	112.943	0,35	0,86	1,19	1.156	838	84,21	86,29	— 357	— 300	— 657	7.443.776
1948 id.	2.224.261	229.373	840.340	24.42	102.081	145.366	—	1,14	1,64	878	610	—	85,88	—	—	—	—
1938 id.	2.465.404	205.234	2.227.260	24,20	91.945	131.241	—	0,92	1,33	1.085	753	—	—	—	—	—	—
1913 id.	1.903.466	187.143	955.890	24,10	105.921	146.084	—	1,37	1,89	731	528	—	—	—	—	—	—

N. B. — (1) Uniquement les absences individuelles. — Alléén individuële afwezigheid.
(2) Dont environ 5 % non valorisé. — Waarvan ongeveer 5 % niet gevaloriseerd.
(3) Sans les effectifs de maîtrise et de surveillance : Fond : 2.667 — Fond et surface : 1.877. — Zonder de sterkte van meester- en toezichtspersoneel : Ondergond : 2.667 — Onder- en bovengrond : 1.877.

BELGIQUE — FOURNITURE DE CHARBONS BELGES AUX DIFFERENTS SECTEURS ECONOMIQUES — AVRIL 1970
BELGIE — LEVERING VAN BELGISCHE STEENKOLEN AAN DE VERSCHEIDENE ECONOMISCHE SECTORS t — APRIL 1970

PERIODES / PERIODEN	Foyers domestiques, artisanat, commerce, administrations publiques	Huisbrand, klein-bedrijf, handel, openbare diensten	Cokeries / Cokesfabrieken	Fabriques d'agglomérés / Agglomeratenfabr.	Centrales électr. publiques / Openbare elektr. centrales	Sidérurgie / Ijzer- en staalnijverheid	Fabrications métall. / Metaalverwerkende nijverheden	Métaux non ferreux / Non-ferro metalen	Chimie / Chemische nijverh.	Chemins de fer et autres transports / Spoorwegen en ander vervoer	Textiles, habillement, cuir / Textiel, kleding, leder	Denr. alim., boissons, tabacs / Voedingswaren, dranken, tabak	Produits minéraux non métalliques	Niet metalen delfstoffen	Pâtes à papier, papier / Papierpulp, papier	Industries diverses / Allerlei nijverheidstakken	Exportations / Uitvoer	Total du mois / Tot. v. d. maand
1970 Avril - April		139.606	618.607	72.530	197.374	15.535	2.108	7.202	342	2.836	648	3.857	7.424		5.484	5.161	61.546	1.140.260
Mars - Maart		144.639	526.603	85.385	212.660	14.421	1.789	15.059	322	2.401	849	1.726	6.789		5.329	6.841	51.148	1.075.961
Février - Februari		136.891	273.383	61.295	162.021	11.726	2.944	8.405	313	2.199	645	3.366	7.005		3.191	5.137	17.336	695.857
1969 Avril - April		154.853	500.341	63.091	292.891	28.704	2.783	16.190	466	3.925	710	3.295	10.080		5.028	4.006	77.695	1.164.058
M.M.		132.890	519.889	51.651	271.629	13.387	2.502	12.188	374	2.630	521	5.564	9.328		4.790	3.035	74.823	1.105.199
1968 M.M.		166.544	510.582	63.687	316.154	10.976	2.595	10.189	1.129	3.241	588	6.703	11.598		4.382	3.566	95.376	1.207.310
1967 M.M.		179.557	511.078	66.778	322.824	12.848	3.358	12.199	1.900	3.861	1.033	5.946	17.630		4.454	4.134	125.871	1.273.471
		(2)												(3)				
1966 M.M.	174.956	12.534	466.091	76.426	334.405	13.655	4.498	15.851	6.366	7.955	1.286	5.496	15.996	11.063	5.558	14.288	99.225	1.265.649
1965 M.M.	199.055	13.850	514.092	82.985	328.016	9.420	6.730	19.999	10.123	15.861	1.453	7.909	18.819	27.628	7.295	13.802	152.092	1.479.129
1964 M.M.	217.027	14.940	526.285	112.413	294.529	8.904	7.293	21.429	13.140	23.176	2.062	13.632	22.867	57.211	10.527	15.150	169.731	1.530.316
1962 M.M.	278.231	13.871	597.719	123.810	341.233	8.112	10.370	21.796	23.376	45.843	3.686	17.082	26.857	65.031	13.549	20.128	223.832	1.834.526
1960 M.M	266.847	12.607	619.271	84.395	308.910	11.381	8.089	28.924	18.914	61.567	6.347	20.418	38.216	58.840	14.918	21.416	189.581	1.770.641
1956 M.M.	420.304	15.619	599.722	139.111	256.063	20.769	12.197	40.601	41.216	91.661	13.082	30.868	64.446	71.682	20.835	32.328(1)	353.828	2.224.332
1952 M.M.	480.657	14.102	708.921 (1)		275.218	34.685	16.683	30.235	37.364	123.398	17.838	26.645	63.591	81.997	15.475	60.800	209.060	2.196.669

N. B. — (1) Y compris le charbon livré aux usines à gaz. — Daarin begrepen de aan de gasfabrieken geleverde steenkolen.

GENRE PERIODE / AARD PERIODE	Fours en activité - Ovens in werking: Batteries Batterijen	Fours Ovens	Charbon - Steenkolen (t) Reçu - Ontv.: Belge Inheemse	Etranger Uitheemse	Enfourné In de oven geladen	Huiles combustibles Stookolie (t)	COKE - COKES (t) Production - Produktie: Gros coke Dikke cokes > 80 mm	Autres Andere	Total Totaal	Consomm. propre Eigen verbruik	Livr. au personnel Levering aan pers.	Débit - Afzet: Sect. domest., artisanat et admin. publ. Huis. sektor, kleinbedrijf en openb. diensten	Sidérurgie IJzer- en staalnijverheid	Centr. électr. publiques Openb. elektr. centrales	Chemins de fer Spoorwegen	Autres secteurs Andere sektors	Exportation Uitvoer	Total Totaal	Stock fin de mois Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.
Sidér. - V. staalfabr.	31	1.090	481.061	307.690	631.873	(4)	406.026	77.172	483.198	178	2.764	—	—	—	—	—	—	—	37.228	2.071
Autres - Andere . .	10	288	127.786	89.427	174.632	(4)	106.350	30.641	136.991	63	123	—	—	—	—	—	—	—	16.721	963
Le Royaume - Het Rijk	41	1.378	608.847	397.117	806.505	(4)	512.376	107.813	620.189	241	2.887	6.349	527.103	21	—	44.560	39.842	617.875	53.949	3.034
1970 Mars - Maart.	41	1.379	536.250	397.747	830.144	(4)	525.442	114.562	640.004	115	2.965	6.721	539.057	70	744	45.178	35.243	627.013	54.011	3.031
Fév. - Feb. . .	41	1.369	467.403	233.126	610.772	(4)	383.301	87.021	473.022	218	2.905	3.854	408.159	6	380	30.487	35.342	478.229	43.498	3.014
1969 Avril - April.	41	1.369	489 440	256.498	772.148	(4)	494.876	100.619	595.495	383	2.699	6.580	504.298	20	1.244	33.298	35.134	580.574	104.842	3.037
M.M.	41	1.379	515.282	266.488	781.952	(4)	503.144	100.930	604.075	367	3.066	9.084	513.846	21	903	39.480	40.250	563.335	82.874	3.039
1968 M.M.	43	1.431	510.733	269.531	785.596	(4)	494.007	109.853	603.590	282	3.397	11.318	493.621	29	1.186	40.536	55.880	502.570	118.142	3.165
1967 M.M.	43	1.432	501.276	247.575	744.976	1.210	463.687	107.755	571.442	466	4.173	10.678	454.308	362	928	41.099	64.028	571.403	132.940	3.289
1966 M.M.	43	1.439	467.298	283.631	757.663	1.468	461.970	118.145	580.115	1.306	5.142	(2) 11.595 (3) 1.342	442.680	117	1.010	44.278	66.884	567.906	188.726	3.524
1965 M.M.	46	1.500	502.454	306.408	797.919	1.185	479.498	131.646	611.144	1.854	5.898	14.255 1.548	466.242	61	1.097	47.386	76.499	607.088	119.973	3.868
1964 M.M.	43	1.574	520.196	283.612	805.311	840	485.178	131.291	616.429	1.759	5.640	13.562 1.833	483.554	83	1.209	48.159	59.535	607.935	161.531	3.998
1962 M.M.	49	1.581	581.012	198.200	778.073	951	481.665	117.920	599.585	6.159	5.542	14.405 2.342	473.803	159	1.362	46.384	53.450	591.905	217.789	4.310
1960 M.M.	51	1.668	614.508	198.909	811.811	23.059(1)	502.323	124.770	627.093	7.803	5.048	12.564 2.973	468.291	612	1.234	49.007	82.218	616.899	269.877	3.821
1956 M.M.	44	1.530	601.931	196.725	784.875	10.068(1)	492.676	113.195	605.871	7.228	5.154	15.538 5.003	433.510	1.918	2.200	56.636	76.498	591.308	87.208	4.137
1948 M.M.	47	1.510	454.585	157.180	611.765	—	373.488	95.619	469.107	—	—	— —	—	—	—	—	—	—	—	4.463
1938 M.M.	56	1.669	399 063	158.763	557.826	—	—	—	366.543	—	—	— —	—	—	—	—	—	—	—	4.120
1913 M.M.	—	2.898	233.858	149.621	383.479	—	—	—	293.583	—	—	— —	—	—	—	—	—	—	—	4.229

N.B. — (1) En hl. - In hl. — (2) Secteur domestique et artisanat - Huisbrand en kleinbedrijf. — (3) Administrations publiques - Openbare diensten. — (4) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE
BELGIE

COKERIES
COKESFABRIEKEN

GENRE PERIODE / AARD PERIODE	Gaz - Gas 1.000 m³, 4.250 kcal, 0° C, 760 mm Hg: Production Produktie	Consomm. propre Eigen verbruik	Débit - Afzet: Synthèse Ammon. fabr.	Sidérurgie Staalnijverh.	Autres industr. Andere bedr.	Distrib. publ. Stadsgas	Sous-produits Bijprodukten (t): Goudron brut Ruwe teer	Ammoniaque Ammoniak	Benzol
Sidérurg. - V. staalfabrieken .	207.599	101.629	10.816	87.326	7.238	39.782	18.011	4.059	4.286
Autres - Andere	61.831	28.989	10.416	—	12.902	14.622	4.949	1.150	1.504
Le Royaume - Het Rijk . .	269.430	130.618	21.232	87.326	20.140	54.404	22.960	5.209	5.790
1970 Mars - Maart	277.013	137.711	21.514	87.428	19.151	56.902	20.030	4.173	4.830
Février - Februari . . .	196.629	102.708	14.256	67.335	7.669	40 395	14.952	3.171	3.671
1969 Avril - April	263.399	130.099	21.943	84.762	6.079	67.147	21.021	5.351	5 644
M.M.	266.093	131.627	22.652	83.604	12.529	60.304	20.527	5.141	5.366
1968 M.M	273.366	131.861	32.096	81.331	7.286	76.002	21.841	5.874	5.567
1967 M.M.	260.580	122.916	36.041	78.819	4.197	75.772	21.176	6.229	4.923
1966 M.M.	262.398	124.317	47.994	71.338	7.323	76.315	21.297	6.415	5.053
1965 M.M.	280.889	131.875	79.215	68.227	7.117	76.506	23.501	6.745	5.687
1964 M.M.	282.815	132.949	75.748	69.988	6.267	77.530	23.552	6.764	5.470
1962 M.M.	280.103	128.325	69.423	67.162	7.589	82 950	23.044	6.891	5.239
1960 M.M.	283.038	133.434	80.645	64.116	12.284	77.950	22.833	7.043	5.870
1956 M.M.	267.439	132.244	78.704	56.854	7.424	72.452	20.628	7.064	5.569
1948 M.M.	105.331	—	—	—	—	—	16.053	5.624	4.978
1938 M.M.	75.334	—	—	—	—	—	14.172	5.186	4.636

FABRIQUES D'AGGLOMERES
AGGLOMERATENFABRIEKEN

AVRIL 1970
APRIL 1970

PERIODE / PERIODE	Production - Produktie (t): Boulets Eierkolen	Briquettes Briketten	Total Totaal	Consommation propre Eigen verbruik (t)	Livraison au personnel Lever. aan het personeel (t)	Mat. prem. Grondstoffen (t): Charbon Steenkool	Brai Pek	Ventes et cessions Verkocht en afgestaan (t)	Stock fin du mois Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.
1970 Av. - Ap.	76.714	4.790	81.504	2.732	18.010	78.112	6.549	60.532	22.583	251
Mars - Ma.	61.736	3.920	65.656	2.829	19.349	62.367	5.373	44.248	22.053	251
Fév. - Feb.	67.619	3.140	70.759	3.089	20.551	65.738	5.474	46.634	22.738	258
1969 Av. - Ap.	82.061	2.870	84.931	2.749	12.084	75.054	7.169	70.562	29.816	295
M M. . .	62.954	3.165	66.119	2.318	15.132	58.289	5.564	49.335	21.971	268
1968 M.M. . .	64.766	3.820	68.586	3.364	14.784	65.901	5.404	51.061	30.291	316
1967 M.M. . .	67.755	4.632	72.387	4.460	13.382	63.756	5.983	55.594	37.589	438
1966 M.M. . .	75.315	5.645	80.950	2.316	16.191	78.302	6.329	65.598	48.275	482
1965 M.M. . .	81.999	7.525	89.524	2.425	17.827	85.138	7.124	70.576	37.623	478
1964 M.M. . .	109.081	10.337	119.418	2.390	18.827	115.359	9.410	94 707	53.297	498
1962 M.M. . .	119.386	14.134	133.520	2.920	16 708	127.156	10.135	114.940	5.315	577
1960 M.M. . .	77.240	17.079	94.319	2.282	12.191	84.464	7.060	77.103	32.920	473
1956 M.M. . .	116.258	35.994	152.252	3.666	12.354	142.121	12.353	133.542	4.684	647
1948 M.M. . .	27.014	53.384	80.848	—	—	74 702	6 625	—	—	563
1938 M.M. . .	39.742	102.948	142.690		—	129.797	12.918	—	—	873
1913 M.M. . .	—	—	217.387		—	197.274	—	—	—	1.911

BELGIQUE BRAI AVRIL 1970
BELGIE PEK t APRIL 1970

PERIODE	Quantités reçues Ontvangen hoeveelheden: Orig. indig. Inh. oorspr.	Importations Invoer	Total Totaal	Consomm. totale Totaal verbruik	Stock fin du mois Voorr. einde maand	Exportations Uitvoer
1970 Avril - April	6.010	346	6.356	6.549	6.156	116
Mars - Maart	5.824	—	5.824	5.373	6.349	—
Fév. - Feb.	4.698	—	4.698	5.474	5.898	—
1969 Avril - April	5.189	—	5.189	7.169	13.578	—
M.M.	5.187	6	5.193	5.564	8.542	—
1968 M.M.	4.739	86	4.825	5.404	14.882	274
1967 M.M.	4.400	40	4.440	5.983	23.403	482
1966 M.M.	4.079	382	4.461	6.329	46.421	398
1965 M.M.	4.739	1.593	6.332	7.122	68.987	1.147
1964 M.M.	6.515	7.252	13.767	9.410	82.198	1.080
1962 M.M.	8.832	1.310	10.142	10.135	19.963	—
1956 M.M.	7.019	5.040	12.059	12.125	51.022	1.281
1952 M.M.	4.624	6.784	11.408	9.971	37.357	2.014

BELGIQUE METAUX NON-FERREUX AVRIL 1970
BELGIE NON FERRO-METALEN APRIL 1970

PERIODE	Produits bruts - Ruwe produkten: Cuivre Koper (t)	Zinc Zink (t)	Plomb Lood (t)	Etain Tin (t)	Aluminium (t)	Antimoine, Cadmium, etc. Antim., Cadm., enz. (t)	Total Totaal (t)	Argent, or platine, etc. Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Demi-finis - Half. pr.: Mét. préc. exc. Edele metalen uitgezonderd (t)	Argent, or, platine, etc. Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Ouvriers occupés Te werk gestelde arbeiders
1970 Avril - April	29.369	21.236	9.182	446	600		64.485	95.160	40.653	3.882	16.935
Mars - Maart	27.726	22.395	10.045	377	640		61.183	120.003	37.132	2.947	16.748
Février - Februari	26.655	22.561	10.421	492	608		60.737	120.190	36.056	2.524	16.627
1969 Avril - April	21.962	20.875	10.239	532	578		54.186	127.332	37.439	2.310	16.268
M.M.	25.077	21.800	9.366	557	594		57.393	121.561	36.007	2.451	16.462
1968 M.M.	28.409	20.926	9.172	497	482		59.486	85.340	32.589	1.891	15.881
1967 M.M.	26.489	18.944	8.983	514	419		55.349	41.518	29.487	1.981	16.330
1966 M.M.	25.286	20.976	7.727	548	212	384	55.128	37.580	32.828	2.247	18.038
1965 M.M.	25.780	19.983	9.230	443	266	368	56.070	36.711	31.503	2.082	18.485
1964 M.M.	23.844	18.545	6.943	576	288	352	50.548	35.308	29.129	1.731	17.510
1962 M.M.	18.453	17.180	7.763	805	237	401	44.839	31.947	22.430	1.579	16.461
1956 M.M.	14.072	19.224	8.521	871	228	420	43.336	24.496	16.604	1.944	15.919
1952 M.M.	12.035	15.956	6.757	850	557		36.155	23.833	12.729	2.017	16.227

BELGIQUE-BELGIE SIDERI

PERIODE PERIODE	Hauts fourneaux en activité Hoogovens in werking	PRODU: Produits bruts Ruwe produkten: Fonte Gietijzer	Acier en lingots Staalblokken	Acier moulé av. ébard. Gegoten staal voor afboording	Produits demi-finis Half-produkten: Pour relamin. belges Voor Belg. herwalsers	Autres Andere	Aciers marchands Handelsstaal	Profilés Profielstaal	Rails et accessoires Spoorstaven en
1970 Avril - April	(3)	1.001.805	(3)	(3)	60.996	64.459	236.782	96.624	4.09
Mars - Maart	41	974.748	1.134.190	9.634	46.601	54.117	228.946	90.641	1.88
Février - Februari	41	778.748	928.043	—	41.388	45.578	222.380	65.719	3.79
1969 Avril - April	39	921.211	1.085.594	—	56.974	65.353	214.301	60.527	5.34
M.M.	42	924.332	1.069.748	(3)	56.695	69.424	217.770	67.378	4.15
1968 M.M.	41	864.209	964.389	(3)	45.488	58.616	202.460	52.360	3.68
1967 M.M.	40	741.832	809.671	(3)	49.253	56.491	180.743	42.667	2.98
1966 M.M.	40	685.805	743.056	(3)	49.224	63.777	167.800	38.642	4.48
1965 M.M.	43	697.172	764.048	(3)	46.941	82.928	178.895	33.492	5.53
1964 M.M.	44	670.548	727.548	(3)	52.380	80.267	174.098	35.953	3.38
1962 M.M.	45	562.378	613.479	4.805	56.034	49.495	172.931	22.572	6.97
1960 M.M.	53	546.061	595.060	5.413	150.669	78.148	146.439	15.324	5.33
1956 M.M.	50	480.840	525.898	5.281	60.829	20.695	153.634	23.973	8.31
				(1)					
1948 M.M.	51	327.416	321.059	2.573	61.951		70.980	39.383	9.85
1938 M.M.	50	202.177	184.369	3.508	37.839		43.200	26.010	9.33
1913 M.M.	54	207.058	200.398	25.363	127.083		51.177	30.219	28.48

N.B. — (1) Fers finis - Afgewerkt ijzer. — (2) Tubes soudés - Gelaste pijpen. — (3) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE
BELGIE

IMPORTATIONS-EXPORTATIONS
IN- EN UITVOER

AVRIL 1970
APRIL 1970

Importations - Invoer (t)

Pays d'origine Land van herkomst Période Periode Répartition Verdeling	Charbon Steenkolen	Coke Cokes	Agglomérés Agglomeraten	Lignite Bruinkolen
C.E.C.A. - E.G.K.S.				
Allem. Occ. - W. Duitsl.	293.298	65.582	1.771	4.673
France - Frankrijk	30.775	18.654	—	—
Pays-Bas - Nederland	74.501	22.099	25.631	—
Total - Totaal	398.574	106.335	27.402	4.673
PAYS TIERS - DERDE LANDEN :				
Roy. Uni - Veren. Koninkrijk	8.517	8.274	—	—
E.U.A. - V.S.A.	262.852	7.252	—	—
URSS - USSR	6.883	3.064	—	—
Pologne - Polen	39.865	4.004	—	—
Espagne - Spanje	4.209	—	—	—
Turquie - Turkije	1	—	—	—
Total - Totaal	322.327	22.594	—	—
Ens. Avril - 1970 Samen April.	720.901	128.929	27.402	4.673
1970 Mars - Maart	806.834	134.933	26.131	3.749
Février - Februari	771.871	117.541	29.605	2.180
1969 Avril - April	524.774	155.715	29.657	5.613
M.M.	547.184	139.094	24.716	4.047
Repartition - Verdeling :				
1) Sect. dom. - Huisel. sektor.	236.388	383	27.402	4.673
2) Sect. ind. - Nijverheidssekt.	484.513	121.701	—	—
3) Réexportation - Wederuit.	11.079	6.051	—	—
4) Mouv. stocks - Schom. voor.	—10.648	+794	—	—

Exportations - Uitvoer (t)

Destination Land van bestemming	Charbons Steenkolen	Cokes Cokes	Agglomérés Agglomeraten
CECA - EGKS			
Allemagne Occ. - W. Duitsl.	41.187	753	50
France - Frankrijk	12.977	11.436	5.521
Luxembourg - Luxemburg	700	18.602	—
Pays-Bas - Nederland	6.657	601	95
Total - Totaal	61.521	31.392	5.666
PAYS TIERS - DERDE LANDEN			
Autriche - Oostenrijk	25	69	350
Suède - Zweden	—	1.136	—
Suisse - Zwitserland	—	770	25
Divers - Allerlei	—	1.676	1.246
Bulgarie - Bulgarije	—	1.397	—
Finlande - Finland	—	—	—
Roumanie - Roemanie	—	3.402	—
Total - Totaal	25	8.450	1.621
Ens. Avril - 1970 Samen April.	61.546	39.842	7.287
1970 Mars - Maart	51.148	35.243	2.670
Février - Februari	17.336	35.342	5.272
1969 Avril - April	77.695	35.134	7.591
M.M.	74.823	40.250	10.006

EN STAALNIJVERHEID

AVRIL-APRIL 1970

CTIE t

	Produits finis - Afgewerkte produkten								Produits finals Verder bew. prod.		
	Tôles fortes Dikke platen ≥ 4,76 mm	Tôles moyennes Middeldikke platen 3 à 4,75 mm 3 tot 4,75 mm	Larges plats Universeel staal	Tôles fines noires Dunne platen niet bekleed	Feuillards bandes à tubes Bandstaal Banden v. buizenstrip	Ronds et carrés pour tubes Rond en vierkant staafmat. voor buizen	Divers Allerlei	Total des produits finis Totaal der afgewerkte produkten	Tôles galv., plomb. et étamées Verzinkte, verlode en vertinde platen	Tubes d'acier Stalen buizen	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeiders
570	107.672	58.954	2.588	278.346	34.550	6.620	2.225	907.528	(3)	(3)	(3)
038	112.575	63.297	2.609	256.148	36.832	6.178	2.271	872.415	64.495	24.175	50.615
204	95.038	54.946	2.495	226.972	26.020	4.729	1.708	765.010	59.233	19.150	50.323
182	107.808	64.813	2.031	271.210	31.465	5.691	2.501	844.071	65.816	25.871	48.432
736	97.658	59.223	2.105	258.171	32.621	5.377	1.919	819.109	60.141	23.394	48.313
361	78.996	37.511	2.469	227.851	30.150	3.990	2.138	722.475	51.339	20.199	47.944
132	74.192	27.872	1.358	180.627	30.369	2.887	2.059	625.890	51.289	19.802	48.148
133	68.572	25.289	2.073	149.511	32.753	4.409	1.636	572.304	46.916	22.462	49.651
528	65.048	23.828	3.157	137.246	31.794	1.710	2.248	559.478	43.972	21.317	52.776
171	47.996	19.976	2.693	145.047	31.346	1.181	1.997	535.840	49.268	22.010	53.604
288	41.258	7.369	3.526	113.984	26.202	290	3.053	451.448	39.537	18.027	53.066
567	41.501	7.593	2.536	90.752	29.323	1.834	2.199	396.405	26.494	15.524	44.810
374	53.456	10.211	2.748	61.941	27.959	—	5.747	388.858	23.758	(2) 4.410	47.104
079	28.780	12.140	2.818	18.194	30.017	—	3.589	255.725	10.992	—	38.431
503	16.460	9.084	2.064	14.715	13.958	—	1.421	146.852	—	—	33.024
352	19.672	—	—	9.883	—	—	3.530	154.822	—	—	35.300

CARRIERES ET INDUSTRIES CONNEXES
GROEVEN EN AANVERWANTE NIJVERHEDEN

Production Produktie	Unité - Eenheid	Avril - April 1970	Mars - Maart 1970	Avril - April 1969	M.M. 1969
Porphyre - Porfier :					
Moëllons - Breuksteen	t	36.923	30.636	34.786	30.949
Concassés - Puin	t	671.525	477.997	534.897	531.982
Pavés et mosaïques - Straatsteen en mozaïek		(c)	(c)	(c)	(c)
Petit granit - Hardsteen :					
Extrait - Ruw	m³	30.955	27.536	27.996	25.076
Scié - Gezaagd	m³	6.814	6.237	6.224	6.087
Façonné - Bewerkt	m³	1.174	1.005	915	9.963
Sous-prod. - Bijprodukten	m³	25.393	21.741	21.466	20.106
Marbre - Marmer :					
Blocs équarris - Blokken	m³	329	269	459	397
Tranches - Platen (20 mm)	m²	38.871	37.600	35.881	34.275
Moëllons et concassés - Breuksteen en puin	t	2.385	1.356	1.962	1.801
Bimbeloterie - Snuisterijen	kg	26.274	25.714	28.487	26.928
Grès - Zandsteen :					
Moëllons bruts - Breukst.	t	19.397	15.554	20.947	23.508
Concassés - Puin	t	107.836	98.986	120.061	106.028
Pavés et mosaïques - Straatsteen en mozaïek	t	157	246	508	477
Divers taillés - Diverse	t	6.217	3.671	5.485	5.587
Sable - Zand :					
pr. métall. - vr. metaaln.	t	116.350	114.834	114.299	112.817
pr. verrerie - vr. glasfabr.	t	125.279	135.985	148.350	152.034
pr. constr. - vr. bouwbedr.	t	673.824	486.247	577.428	461.150
Divers - Allerlei	t	118.361	144.620	123.437	122.056
Ardoise - Leisteen :					
Pr. toitures - Dakleien	t	291	532	652	551
Schiste ard. - Leisteen	t	137	189	193	187
Coticule - Slijpstenen	kg	3.154	2.268	3.191	2.465

Production Produktie	Unité - Eenheid	Avril - April 1970	Mars - Maart 1970	Avril - April 1969	M.M. 1969
Produits de dragage - Prod. v. baggermolens :					
Gravier - Grind	t	238.950	316.973	443.171	428.816
Sable - Zand	t	173.121	77.420	79.419	71.703
Calcaires - Kalksteen	t	1.725.745	1.412.767	1.589.343	1.490.226
Chaux - Kalk	t	224.957	190.097	223.195	219.138
Phosphates - Fosfaat	t	(c)	(c)	(c)	(c)
Carbonates naturels - Natuurcarbonaat	t	29.829	35.910	68.665	57.320
Chaux hydraul. artific. - Kunstm. hydraul. Kalk	t	(c)	(c)	(c)	(c)
Dolomie - Dolomiet :					
crue - ruwe	t	129.966	119.327	70.850	112.624
frittée - witgegloeide	t	30.951	32.021	38.865	32.369
Plâtres - Pleisterkalk	t	8.402	7.226	8.195	6.581
Agglomérés de plâtre - Pleisterkalkagglomeraten	m²	829.421	839.319	838.458	827.333
Silex - Vuursteen :					
broyé - gestampt / pavé - straatsteen	t	451	281	419	382
Feldspath et galets - Veldspaat en Strandkeien	t	(c)	(c)	(c)	(c)
Quartz et Quartzites - Kwarts en Kwartsiet	t	15.562	18.934	43.813	32.617
Argiles - Klei	t	20.545	12.710	10.046	18.306
Personnel - Personeel :					
Ouvriers occupés - Tewerkgestelde arbeiders		9.713	9.689	9.497	9.603

(c) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

COMBUSTIBLES SOLIDES — C.E.C.A. ET GRANDE-BRETAGNE
VASTE BRANDSTOFFEN — E.G.K.S. EN GROOT-BRITTANNIE

AVRIL 1970
APRIL 1970

PAYS LAND	Houille produite Geproduc. steenkool (1.000 t)	Ouvr. inscrits Ingeschr. arb. (1.000) Fond Ondergrond	Ouvr. inscrits Fond et surface Onder- en bovengrond	Rendement (ouvr./poste) (arb./ploeg) (kg) Fond Ondergrond	Rendement Fond et surface Onder- en bovengrond	Jours ouvrés Gewerkte dagen	Absentéisme Afwezigheid % Fond Ondergrond	Absentéisme Fond et surface Onder- en bovengrond	Coke de four produit Geproduceerde ovencokes (1.000 t)	Agglomérés produits Geproduceerde agglomeraten (1.000 t)	Stocks Voorraden (1.000 t) Houille Kolen	Stocks Coke Cokes
Allemagne Occ. - West-Duitsl.												
1970 Avril - April.	9.975	138	208	3.789	3.013	22,52	24,99	22,76	2.657	339	1.625	26
1969 M.M.	9.272	141	218	3.665	2.913	21,08	23,07	15,91	2.958	302	5.473	221
Avril - April.	9.558	143	221	3.732	2.958	20,43	21,63	19,36	3.188	364	10.463	358
Belgique - België												
1970 Avril - April.	1.189	29	39	2.327	1.666	21,73	15,89(1)	12,77(1)	512	82	484	54
1969 M.M.	1.100	31	45	2.112	1.506	20,11	17,63(1)	15,46(1)	604	66	631	83
Avril - April.	1.192	36	47	—	—	20,32	18,30(1)	16,04(1)	595	85	1.527	105
France - Frankr.												
1970 Avril - April.	3.604	67	100	2.653	1.733	22,98	10,73	7,31(2)	1.159	396	7.404	97
1969 M.M.	3.421	74	109	2.515	1.654	21,14	10,53	7,03(2)	1.126	350	9.734	327
Avril - April.	3.732	76	112	2.514	1.679	22,61	10,77	7,32(2)	1.113	415	10.079	351
Italie - Italië												
1970 Avril - April.												
1969 M.M.												
Avril - April.												
Pays-B. - Nederl.												
1970 Avril - April.												
1969 M.M.												
Avril - April.												
Communauté - Gemeenschap												
1970 Avril - April.												
1969 M.M.												
Avril - April.												
Grande Bretagne - Groot-Brittannië				à front in front							en 1.000 t in 1.000 t	
1970 Sem. du 19 au 25-4 Week van 19 tot 25-4	3.149	231	294	7.328	2.324	(3)	(3)	18,24	(3)	(3)	13.711	(3)
1969 Moy. hebd. Wekel. gem.	2.855	244	310	6.971	2.188	(3)	(3)	18,25	(3)	(3)	22.764	(3)
Sem. du 27-4 au 3-5 Week van 27-4 tot 3-5	3.265	249	316	6.918	2.221	(3)	(3)	16.07	(3)	(3)	24.163	(3)

N. B. — (1) Uniquement absences individuelles - Alléén individuele afwezigheid. — (2) Surface seulement - Bovengrond alléén. — (3) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

Propagation des ondes radio-électriques dans les milieux souterrains

Journée d'Information organisée par l'Institut National des Industries Extractives à Liège, le 18 février 1970

— Présentation de l'équipe et du thème de la recherche.
R. LIEGEOIS.

— La radio sous terre : solutions... et problèmes !
G. LONGREE.

— Etude des modes de propagation d'ondes électromagnétiques susceptibles d'exister sur une ligne bifilaire en milieu souterrain.
L. DERYCK.

— Mesures de champ et d'atténuation en propagation libre et avec guide d'ondes.
R. DE KEYSER.

— Télécommande d'un treuil de mine par ondes radioguidées (projet) au Charbonnage de Winterslag.
O. de CROMBRUGGHE.

— Les liaisons radio-électriques par câble coaxial dans la mine.
P. DELOGNE.

— Système de télécommunications par guide d'onde résonnant.
J. DUBOIS.

— Expériences de propagation d'ondes radio en tunnel.
R. LIEGEOIS.

Voortplanting van radio-elektrische golven in ondergrondse omgevingen

Informatiedag georganiseerd door het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven te Luik op 18 februari 1970

— Voorstelling van de ploeg en van het thema van het onderzoek.
R. LIEGEOIS.

— De radio ondergronds : oplossingen... en problemen !
G. LONGREE.

— Studie van de manieren waarop elektromagnetische golven kunnen voortgeplant worden over een tweeaderige lijn in de ondergrond.
L. DERYCK.

— Metingen van de veldsterkte en de verzwakking in vrije voortplanting en met golfgeleider.
R. DE KEYSER.

— Projekt van afstandsbediening van een ondergrondse sleeplier bij middel van radiogolven - Steenkolenmijn Winterslag.
O. de CROMBRUGGHE.

— Radio-elektrische verbindingen met behulp van coaxiale kabels in de mijn.
P. DELOGNE.

— Telecommunicatiesysteem met resonnerende golfgeleider.
J. DUBOIS.

— Proefnemingen in verband met radiovoortplanting in tunnels.
R. LIEGEOIS.

Présentation de l'équipe et du thème de la recherche

Voorstelling van de ploeg en van het thema van het onderzoek

R. LIEGEOIS (*)

La recherche a pour but la mise au point de systèmes de télécommunication permettant à un membre du personnel de la mine d'appeler un autre membre et de rester en contact avec lui quels que soient les lieux où se trouvent les deux opérateurs et en leur laissant toute liberté de mouvement pendant la conversation. Les résultats obtenus pour les télécommunications seront applicables aux télémesures et à la télécommande. Les applications de la radio dans la mine se multiplieront, ce qui améliorera de façon directe la sécurité et la productivité.

Lors du dernier symposium minier tenu à Harrogate en novembre 1969 et organisé par l'A.M.E.M.E. (The Association of Mining Electrical and Mechanical Engineers), on a insisté à nouveau sur l'importance des télécommunications. Des pertes très importantes de production sont dues à un manque de communication entre les hommes dans le chantier et à un manque de communication entre ces mêmes hommes et leurs chefs se trouvant en surface ou ailleurs dans la mine. Les communications téléphoniques en taille ne sont pas fiables dans 50 % des cas. D'autre part, elles ont pour inconvénient de figer l'opérateur en un point déterminé du réseau téléphonique.

Les chercheurs de Grande-Bretagne, d'Allemagne et de France s'efforcent depuis quelques années d'étendre les applications de la radio dans les mines.

(*) Ingénieur civil des Mines, Ingénieur géologue, attaché à l'INIEX.

Doel van het onderzoek is het uitwerken van telecommunicatiesystemen waarmee een lid van het mijnpersoneel een ander lid kan oproepen en met hem in contact blijven op welke plaats de operateurs zich ook mogen bevinden en dat terwijl zij tijdens hun gesprek een volledige bewegingsvrijheid behouden. De resultaten die inzake telecommunicatie bekomen worden zijn toepasselijk op de telemeting en de telebediening. De toepassingen van de radio in de mijn zullen zich vermenigvuldigen, hetgeen rechtstreeks ten goede zal komen aan de veiligheid en de produktiviteit.

Tijdens het laatste mijnsymposium dat gehouden werd te Harrogate in november 1969 en dat georganiseerd werd door de A.M.E.M.E. (The Association of Mining Electrical and Mechanical Engineers) werd opnieuw de nadruk gelegd op het belang van de telecommunicatie. Een zeer belangrijk produktieverlies is het gevolg van een gemis aan communicatie tussen de mensen in de werkplaatsen en aan een gebrek aan communicatie tussen diezelfde mensen en hun oversten die zich op de bovengrond of op een ander punt van de mijn bevinden. De telefoonverbindingen in de pijlers zijn in 50 % van de gevallen niet betrouwbaar. Anderzijds hebben ze het nadeel dat de operateur gebonden is aan één bepaald punt van het telefoonnet.

De vorsers van Engeland, Duitsland en Frankrijk spannen zich sedert enkele jaren in om de toepassingen van de radio in de mijn uit te breiden.

(*) Burgerlijk Mijningenieur, Aardkundig Ingenieur, verbonden aan het NIEB.

On fait également des recherches dans le secteur du transport : tunnels routiers ou de chemins de fer, métros, etc...

A notre connaissance, les essais sont sporadiques et ne sont pas organisés systématiquement. Les réalisateurs sont limités dans leurs possibilités par des contraintes réglementaires, concernant notamment le choix des fréquences, ou par des contraintes locales et, lorsqu'il s'agit de firmes, par le souci commercial d'utiliser des appareillages de série.

En outre, les systèmes qui conviennent dans ces applications ne peuvent être transposés dans la mine où les rayons de courbure des galeries sont beaucoup plus courts, l'absorption est plus importante, les bruits ambiants et les parasites sont très gênants, la distance entre les antennes et les porteurs d'ondes varie constamment, les antennes doivent être peu encombrantes et de préférence non saillantes, les chantiers sont mobiles, le matériel est soumis à des contraintes mécaniques très sévères, l'humidité et l'empoussièrement atteignent des taux élevés, etc... En outre, le danger d'inflammation du grisou rend nécessaire l'emploi d'appareillages spécialement étudiés et soumis à la réglementation sur la sécurité des mines.

Depuis 1964, une équipe de chercheurs belges s'était concentrée sur le problème fondamental de la propagation des ondes radio-électriques guidées dans les milieux confinés. Elle avait obtenu dans les mines une série de résultats positifs en se servant d'ondes décamétriques et de guides d'ondes bifilaires.

Le Comité d'experts du CEPCEO(**) saisi de notre projet d'étudier les problèmes de télécommunication dans la mine a marqué son accord unanime à l'introduction d'une demande d'aide financière à la Haute Autorité de la CECA(***).

Le 10 novembre 1967, l'Institut National des Industries Extractives (INIEX) a adressé à la CCE une demande en vue d'obtenir le financement d'études sur la propagation des ondes radioélectriques dans les chantiers souterrains. Une convention a été signée entre ces deux organismes d'après laquelle l'INIEX recevait une aide financière pour une période de 3 ans allant du 1er janvier 1968 au 31 décembre 1970.

Le 18 février 1970, les experts du groupe « Télécommande - Automatisation » de la CCE étaient

(**) Comité d'Etude des Producteurs de Charbons d'Europe Occidentale.

(***) Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier, intégrée depuis dans la Commission des Communautés Européennes (CCE).

Onderzoekingen worden eveneens verricht in de sector van het vervoer : weg- of spoortunnels, metro's enz...

Voor zover ons bekend is zijn deze proeven sporadisch en zonder systematische organisatie. Degenen die eraan werken worden in hun mogelijkheden beperkt door reglementaire voorschriften, die namelijk betrekking hebben op de keuze van de frequentie, of door plaatselijke moeilijkheden, alsook, waar het firma's betreft, door de commerciële wens om gebruik te maken van een serieapparatuur.

Bovendien kunnen de systemen die voor deze toepassingen geschikt zijn niet zonder meer in de mijn worden binnengebracht waar de krommingsstraal van de galerijen veel kleiner is, de absorptie veel sterker, het omgevingsgeluid en de parasieten veel heviger, de afstand tussen de antennes en de golfdragers steeds veranderlijk, waar de antennes klein moeten zijn en bij voorkeur niet mogen uitsteken, de werkplaatsen voortdurend in beweging zijn, het materieel onderworpen wordt aan zeer hoge mechanische belastingen, vochtigheid en stofgehalte hoge waarden bereiken, enz... Tenslotte noodzaakt het gevaar voor mijngasontvlamming tot het gebruik van toestellen die speciaal bestudeerd zijn en die onderworpen zijn aan de reglementering op de veiligheid in de mijnen.

Sinds 1964 was een ploeg Belgische vorsers intensief bezig met het basisprobleem van de voortplanting van radioëlektrische golven in een begrensd midden. Zij had in de mijnen een reeks positieve resultaten bekomen met decametrische golven en tweeaderige golfgeleiders.

Het comité van experten van het CEPCEO (**) werd geraadpleegd aangaande ons opzet om de problemen van telecommunicatie in de mijn te bestuderen en verklaarde zich bereid om een aanvraag tot financiële steun in te dienen bij de Hoge Autoriteit van de EGKS (***).

Op 10 november 1967 richtte het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven (NIEB) tot de CEG een aanvraag tot financiering van de studies betreffende de voortplanting van de radioëlektrische golven in de ondergrondse werkplaatsen. Tussen beide organismen werd een overeenkomst ondertekend die aan het NIEB financiële hulp toekent voor een periode van 3 jaar lopende van 1 januari 1968 tot 31 december 1970.

Op 18 februari 1970 werden de experten van de groep « Telebediening - Automatisering » van de

(**) Comité d'Etudes des Producteurs de Charbon d'Europe Occidentale.

(***) Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal, nu opgenomen in de Commissie der Europese Gemeenschappen (CEG).

invités à se rendre compte sur place de l'avancement des travaux.

Assistaient à cette réunion :

CCE : M. De Greef.

Experts de la CCE : MM. Belugou, de Crombrugghe, Liégeois, Olaf, Schweitzer, Van Den Akker.

Cerchar : MM. Gagnière et Lefèvre.

StBv : M. Langner.

NCB : M. Martin.

INIEX : MM. Boxho, Callut, De Keyser, Delogne, Deryck, Dubois, Ledent, Longrée, Stassen.

La matinée fut consacrée à une série d'exposés relatifs à la propagation des ondes radio-électriques dans les milieux souterrains. On trouvera ci-dessous, dans l'ordre de leur présentation, les titres et les auteurs de ces communications.

— La radio sous terre : solutions... et problèmes.
G. Longrée.

— Etude des modes de propagation d'ondes électromagnétiques susceptibles d'exister sur une ligne bifilaire en milieu souterrain.
L. Deryck.

— Mesures de champ et d'atténuation en propagation libre et avec guide d'ondes.
R. De Keyser.

— Télécommande d'un treuil de mine par ondes radioguidées (projet) au Charbonnage de Winterslag (K.S.).
O. de Crombrugghe.

— Les liaisons radio-électriques par câble coaxial dans la mine.
P. Delogne.

— Système de télécommunications par guide d'onde résonnant.
J. Dubois.

— Expériences de propagation d'ondes radio en tunnel.
R. Liégeois.

L'après-midi, les experts se sont rendus au tunnel de Lanaye pour assister à des expériences de télécommunication fondées sur l'emploi de systèmes à guides d'ondes à deux conducteurs.

L'équipe de chercheurs, constituée pour l'étude de la propagation des ondes électromagnétiques et désignée le plus souvent sous le sigle P.O.E., groupe les conférenciers d'aujourd'hui et un cer-

CEG verzocht zich ter plaatse te komen rekenschap geven van de stand van het onderzoek.

Deze vergadering werd bijgewoond door :

CEG : dhr De Greef.

Experten : dhrn Belugou, de Crombrugghe, Liégeois, Olaf, Schweitzer, Van Den Akker.

Cerchar : dhrn Gagnière en Lefèvre.

StBv : M. Langner.

NCB : dhr Martin.

NIEB : dhrn Boxho, Callut, De Keyser, Delogne, Deryck, Dubois, Ledent, Longrée, Stassen.

Tijdens de voormiddag werd een reeks uiteenzettingen gehouden over de voortplanting van radioëlektrische golven in ondergronds midden. Hier volgen in rangorde van voordracht de titels en de auteurs van deze uiteenzettingen.

— De radio ondergronds : oplossingen... en problemen.
G. Longrée.

— Studie van de manieren waarop elektromagnetische golven kunnen voortgeplant worden over een tweeaderige lijn in de ondergrond.
L. Deryck.

— Metingen van de veldsterkte en de verzwakking in vrije voortplanting en met golfgeleider.
R. De Keyser.

— Telebediening van een mijnlier door middel van radiogolven (ontwerp) in de kolenmijn van Winterslag (KS).
O. de Crombrugghe.

— Radioëlektrische verbindingen met behulp van coaxiale kabels in de mijnen.
P. Delogne.

— Telecommunicatiesystemen met resonantiegolfgeleider.
J. Dubois.

— Proefnemingen over de voortplanting van radiogolven in tunnels.
R. Liégeois.

In de namiddag zijn de experten naar de tunnel van Lanaye gegaan waar ze getuige zijn geweest van proefnemingen over telecommunicatie gebaseerd op het gebruik van golfgeleiderssystemen met twee geleiders.

De navorsingsploeg, samengesteld voor de studie van de voortplanting der elektromagnetische golven en meestal aangeduid met de afkorting P.O.E., bestaat uit de sprekers van vandaag en een aantal

tain nombre de collaborateurs non moins appréciés. Pour présenter les conférenciers, j'ai suivi le « fil conducteur » qui a été choisi pour la successions des exposés.

M. Longrée a construit son premier émetteur-récepteur à l'époque du baccalauréat. Ayant commencé très tôt une carrière toujours centrée sur les problèmes de transmission, il est devenu rapidement un technicien radio très spécialisé. Son aptitude à l'enseignement et ses connaissances étendues lui ont valu d'être appelé à siéger dans des jurys d'examens et au tribunal en qualité d'expert judiciaire. Expérimentateur infatigable, M. Longrée est un véritable « émetteur d'idées » et pour les autres membres de l'équipe un conseiller très écouté.

M. Deryck est physicien de formation universitaire. Assistant à l'Université, il prépare un doctorat sur le thème de la propagation bifilaire. C'est à lui que nous confions la tâche difficile d'exprimer par des formules les phénomènes que nous observons.

M. De Keyser est ingénieur technicien électronicien. Il effectue en collaboration avec M. Deryck de très nombreuses mesures en laboratoire, en tunnel et dans la mine. Son objectif est l'installation d'un réseau industriel de communications dans la mine. Pour y arriver, il a effectué déjà de très nombreux essais en tous genres avec un soin d'autant plus remarquable que les chantiers souterrains ne s'y prêtent guère.

M. de Crombrugghe est Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université Catholique de Louvain et dirige les services du fond au Charbonnage de Winterslag. C'est à ce titre et en qualité de membre du groupe d'experts « Télécommande - Automatisation » de la CCE que M. de Crombrugghe est associé aux recherches de l'INIEX en tant que collaborateur extérieur. C'est à la mine de Winterslag que doit avoir lieu l'essai de radiotélécommande d'un treuil de mine.

M. Delogne, Ingénieur civil et Docteur en Sciences Appliquées, est titulaire de la chaire de télécommunications à l'Ecole Royale Militaire. Secrétaire de la Société des Ingénieurs de Télécommunications de Belgique (SITEL), il est l'auteur de plusieurs articles scientifiques sur la propagation des ondes le long des conducteurs et à ce titre a été choisi par l'INIEX comme ingénieur conseil. Il est chargé de missions particulières et ses travaux ont conduit l'INIEX à déposer une demande de brevet pour un système de télécommunications que nous appelons système INIEX/Delogne. Il énoncera les principes de ce système de transmission.

andere en niet minder gewaardeerde medewerkers. Om de sprekers voor te stellen volg ik de « leidraad » die vooropgesteld werd voor de volgorde der voordrachten.

Dhr Longrée heeft zijn eerste zender-ontvanger gebouwd in de periode van het baccalaureaat. Hij heeft zich reeds vroeg en zonder onderbreking geconcentreerd op de transmissieproblemen en is zodoende al vlug een zeer gespecialiseerd radiotechnieker geworden. Zijn aanleg voor het onderwijs en zijn uitgebreide kennis maakten dat hij verzocht werd te zetelen in examenjury's en bij de rechtbanken als gerechtelijk deskundige. Hij is een onvermoeibaar experimentator en een ware « bron van ideeën » en voor de andere leden van de ploeg een zeer gewaardeerd raadgever.

Dhr Deryck is een natuurkundige met universitaire vorming. Hij is assistent bij de Universiteit en bereidt een doktorsthesis voor over de tweeaderige voortplanting. Hij kreeg de moeilijke taak toegewezen de door ons waargenomen fenomenen uit te drukken in formules.

Dhr De Keyser is technisch ingenieur in de elektronika. Samen met dhr Deryck voert hij zeer talrijke metingen uit in het laboratorium, in de tunnels of in de mijnen. Hij werkt aan het installeren van een industriël communicatiesysteem in de lijnen. Om dit doel te bereiken voerde hij reeds talrijke proeven uit en dat met een zorg die voor de ondergrondse werken uitzonderlijk mag heten.

Dhr de Crombrugghe is professor in Mijnbouw aan de Katholieke Universiteit van Leuven en hoofd van de ondergrondse diensten van de kolenmijn van Winterslag. Om die reden en wegens zijn lidmaatschap van de groep der experten « Telebediening - Automatisering » van de CEG werd dhr de Crombrugghe betrokken bij de onderzoekingen van het NIEB, als geassocieerd medewerker. Het is in de mijn van Winterslag dat de proef met de radiobediende mijnlier moet doorgaan.

Dhr Delogne, Burgerlijk Ingenieur en Doctor in de toegepaste wetenschappen, is titularis van de leerstoel telecommunicaties bij de Koninklijke Militaire School. Hij is secretaris van de Société des Ingénieurs de Télécommunications de Belgique (SITEL) en schrijver van verschillende wetenschappelijke artikels over de voortplanting van golven over geleiders, en werd om die reden door het NIEB uitgekozen als adviseur. Hij is belast met speciale opdrachten en zijn werk heeft ertoe geleid dat het NIEB brevet heeft aangevraagd voor een telecommunicatiesysteem dat wij het systeem NIEB/Delogne noemen. Hij zal de principen van dit transmissiesysteem uiteenzetten.

M. Dubois a reçu une formation très spécialisée organisée pour les officiers de transmissions de la marine marchande. Entré à l'Institut après une dizaine année de service en qualité d'officier marconiste, M. Dubois est chargé, à l'Iniex, des manipulations de contrôle nécessaires à l'agrément des appareils dits de sécurité intrinsèque. Il décrit un système de télécommunication appelé INIEX/Dubois pour lequel une demande de brevet a été déposée.

Parmi les personnes qui ont collaboré à la recherche, il convient de citer M. Callut, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, qui dirige la Division de Pâturages de l'Institut, et M. Boxho, Ingénieur Civil des Mines et chargé de recherches minières à l'INIEX, qui suivent les essais de télécommande.

Plusieurs opérateurs des deux divisions de l'Institut ont si largement contribué à la recherche que sans eux elle n'aurait pas été possible. MM. Michiels et Janssens méritent d'être mentionnés car ils ont été attachés plus spécialement à l'équipe. Ils ont trouvé à l'atelier une aide précieuse que je me plais à souligner.

* * *

Le bilan scientifique de la recherche établi au 18 février 1970 comprend les postes ci-après :

Sur la base d'études théoriques, de manipulations de laboratoire et d'expériences dans les chantiers, on a pu préciser un certain nombre de facteurs influençant la transmission par radio dans les ouvrages souterrains. On a notamment établi des diagrammes relatifs à la propagation libre de la radio dans les tunnels, à l'atténuation le long des guides d'ondes placés dans les galeries et à la radiation des ondes électromagnétiques autour des guides d'ondes lorsqu'ils sont placés dans des endroits confinés.

On sait pourquoi, dans certaines circonstances, le câble bifilaire est un meilleur guide d'ondes que le câble monofilaire. M. Deryck a établi une théorie mathématique des phénomènes pour lesquels jusqu'à présent aucune explication satisfaisante n'avait été donnée.

En conséquence de la meilleure compréhension du mode «bifilaire» de propagation, on a commencé l'étude de dispositifs favorisant ce mode de propagation dans des lignes bifilaires excitées galvaniquement et dans des lignes excitées par des antennes mobiles.

Une étude systématique nous a conduits à des systèmes originaux de télécommunication utili-

Dhr Dubois heeft een zeer gespecialiseerde opleiding genoten, die georganiseerd wordt voor de transmissieofficieren van de handelsvloot. Hij kwam bij het Instituut na een tiental jaar dienst te hebben gedaan als officier-marconist, en werd bij het NIEB belast met de controlebewerkingen vereist voor de aanneming van de zogenaamde intrinsiek veilige toestellen. Hij beschrijft een telecommunicatiesysteem NIEB/Dubois waarvoor brevet werd aangevraagd.

Bij de andere personen die aan het onderzoekingswerk hebben deelgenomen moet dhr Callut vermeld worden, die Hoofdingenieur-Directeur der Mijnen is en de leiding heeft over de afdeling van Paturages van het Instituut, alsmede dhr Boxho, Burgerlijk Mijningenieur en belast met het mijnbouwkundig onderzoek in het NIEB; beiden hebben de proeven over de telecommunicatie gevolgd.

Verschillende personen uit beide afdelingen van het Instituut hebben in ruime mate bijgedragen tot het speurwerk dat zonder hun medewerking niet mogelijk zou zijn geweest. Een vermelding verdienen de heren Michiels en Janssens die speciaal voor de ploeg gewerkt hebben. Ze werden daarbij geholpen door het personeel van de werkplaatsen dat ik gaarne dank om zijn kostbare medewerking.

* * *

De wetenschappelijke balans van het opzoekingswerk, opgemaakt op 18 februari 1970, bevat volgende posten :

Op grond van theoretische studies, van laboratoriumwerk en proefnemingen in de werkplaatsen heeft men een zeker aantal factoren kunnen bepalen die invloed hebben op de radiotransmissie in de ondergrondse werken. Men heeft meer in het bijzonder diagrammen opgesteld betreffende de vrije voortplanting van radiogolven in tunnels, de verzwakking langs in galerijen geplaatste golfgeleiders en de uitstraling van elektromagnetische golven rondom golfgeleiders die in een begrensd midden zijn geplaatst.

Men weet waarom de tweeaderige kabel in bepaalde omstandigheden een betere golfgeleider is dan de éénaderige kabel. Dhr Deryck heeft een wiskundige theorie opgebouwd over de verschijnselen waarvoor tot nu toe geen bevredigende verklaring voorlag.

Ingevolge een beter inzicht in de « tweeaderige » voortplantingswijze heeft men de studie aangevat van apparaten die deze voortplantingswijze bevorderen in tweeaderige lijnen die galvanisch worden opgewekt of in lijnen die door beweegbare antennes worden opgewekt.

Een systematische studie heeft ons gebracht tot originele telecommunicatiesystemen met gebruik

sant des émetteurs-récepteurs portatifs et des lignes guides d'ondes élaborées.

— Dans un cas, il s'agit de câbles coaxiaux avec dispositifs rayonnants. L'originalité de ces dispositifs rayonnants réside dans le fait qu'il nous est possible de faire rayonner l'énergie électromagnétique avec un minimum de pertes aux endroits que nous jugeons utiles et dans la proportion que nous pouvons déterminer et éventuellement ajuster. M. Delogne a établi la théorie mathématique sur laquelle est fondé le système de télécommunication en question.

— Dans un autre cas, il s'agit de lignes accordées (système INIEX/Dubois). On est parvenu à limiter l'atténuation aux pertes ohmiques en établissant des réseaux de conducteurs accordés qui, bien qu'actuellement limités aux fréquences basses, nous permettent de couvrir des distances jamais atteintes jusqu'à présent avec un champ magnétique pratiquement constant.

En collaboration avec le service des études du charbonnage de Winterslag (Prof. O. de Crombrugghe), on a établi les schémas électriques de la télécommande d'un treuil de mine par un poste radio-émetteur. La préparation du matériel est en cours.

Au vu des travaux réalisés jusqu'à présent, le groupe d'experts a donné son accord à la prolongation des recherches. La Commission Recherches Charbon de la CCE a par la suite tenu compte de cet avis favorable et donné son accord de principe à l'octroi d'une nouvelle aide financière pour la continuation des recherches.

On notera par ailleurs qu'en exécution du mandat qui lui avait été confié par le Conseil des Ministres, le groupe de travail « Politique de la Recherche Scientifique et Technique » de la CCE a créé fin 1967 sept groupes de recherche dont un sur les télécommunications.

A l'Université de l'Etat à Liège, des dispositions sont prises pour que les étudiants de la Faculté des Sciences Appliquées puissent choisir à partir de l'an prochain des cours à option sur les télécommunications.

De notre côté, nous avons l'intention de poursuivre la recherche scientifique sur la propagation des ondes radio-électriques en milieu confiné : énergie rayonnée par les antennes, problèmes de couplage, etc... Des recherches nouvelles auront en vue la maîtrise du mode de propagation bifilaire le long d'une ligne placée dans un réseau de galeries souterraines. On étudiera la répartition des

van draagbare zender-ontvangers en speciaal bestudeerde golfgeleiders.

— In het ene geval betreft het coaxiale kabels met stralingsapparaten. Het originele van deze stralingsapparaten bestaat hierin dat wij de elektromagnetische energie kunnen doen uitstralen met een minimum aan verliezen op die punten waar wij dit wensen en in een verhouding die wij kunnen bepalen en eventueel wijzigen. Dhr Delogne heeft de wiskundige theorie opgebouwd waarop het telecommunicatiesysteem in kwestie berust.

— In een ander geval gaat het om samengekoppelde lijnen (systeem NIEB/Dubois). Men is erin geslaagd de verzwakking door ohmse verliezen te beperken met behulp van netten bestaande uit samengekoppelde geleiders waarmee men, hoewel momenteel beperkt tot de lage frequenties, afstanden kan bereiken die tot nog toe niet konden overbrugd worden met een praktisch constant magnetisch veld.

In samenwerking met de studiedienst van de kolenmijn van Winterslag (Prof. O. de Crombrugghe) heeft men elektrische schema's opgesteld voor de telebediening van een mijnlier van uit een radiozendpost. Men is bezig met het gereedmaken van het materieel.

Rekening houdend met wat tot nu toe werd verwezenlijkt heeft de groep experten toegestemd in de voortzetting van het speurwerk. De Commissie Onderzoek Steenkolen van de CEG heeft vervolgens rekening gehouden met dit gunstig advies en zich principieel akkoord verklaard met het verlenen van een nieuwe financiële hulp voor het voortzetten van de opzoekingen.

Men weet ten andere dat de werkgroep « Beleid inzake Wetenschappelijk en Technisch Onderzoek » van de CEG in uitvoering van het mandaat dat hem door de Raad van Ministers werd gegeven, einde 1967 zeven groepen voor navorsing heeft opgericht, waarvan één voor de telecommunicatie.

De Rijksuniversiteit van Luik heeft ervoor gezorgd dat de studenten van de Faculteit der Toegepaste Wetenschappen van toekomend jaar af optievakken kunnen volgen over de telecommunicaties.

Van onze kant hebben wij het voornemen ons wetenschappelijk onderzoek voort te zetten over de voortplanting van radioëlektrische golven in begrensd midden, de energie uitgestraald door antennes, de problemen van koppeling enz... Nieuwe navorsingen zullen betrekking hebben op de beheersing van de tweeaderige voortplanting over een in een net van ondergrondse gangen geplaatste lijn. Men zal de verdeling van de stralingszone rondom de golfgeleider bestuderen en de correctieapparaten bestuderen die aan de aard van de om-

zones de radiation le long du guide d'onde et on cherchera des dispositifs de correction appropriés à l'environnement. Le programme prévoit encore l'expérimentation de nouveaux systèmes et accessoires de manière à couvrir la gamme complète des cavités minières ou autres quels que soient leurs dimensions ou leur emplacement, les relations qui existent entre elles et la position des hommes dans ces cavités. Ces systèmes comprendront des dérivations et plusieurs types de dispositifs rayonnants associés au guide d'ondes.

Enfin, si cela est nécessaire, on construira des prototypes d'émetteurs-récepteurs non disponibles sur le marché et répondant aux critères déterminés par les résultats de la recherche (mode de modulation, fréquence, type d'antenne, etc...).

Tant au point de vue technique que scientifique, il est important pour notre information que nous gardions contact avec les laboratoires scientifiques et les firmes spécialisées en radio-électricité. Il est tout aussi essentiel que les utilisateurs possibles soient tenus au courant des progrès de la recherche. C'est pourquoi, les chercheurs de l'équipe P.O.E. souhaitent recevoir les échos, critiques et suggestions que pourrait provoquer la présente publication. Ils ont l'intention d'organiser avant la fin de l'année une séance d'information à l'intention des mineurs et une autre séance d'information à laquelle seront conviées des personnalités de l'administration, de l'industrie et des laboratoires.

Nous pensons comme Louis Armand que : « La diffusion de l'information technique et scientifique est pour les chercheurs le stimulus le plus actif : elle leur fait connaître non seulement qu'un problème a été résolu, mais encore quelles voies ont été suivies pour y parvenir; elle peut leur apporter pour leurs propres travaux des indications leur permettant de réduire le nombre de combinaisons à essayer.

» Pour que cette information soit complète, il importe évidemment que les échecs soient annoncés et expliqués comme les succès, car il est aussi utile de connaître les raisons des premiers que des seconds ».

Notre équipe P.O.E. est consciente des difficultés. Elle n'en est pas moins enthousiaste.

REMERCIEMENTS

La Commission des Communautés Européennes et l'Institut National des Industries Extractives financent conjointement la recherche.

geving aangepast zijn. Het programma biedt nog ruimte voor proefnemingen met nieuwe systemen en bijhorigheden, zodat de volledige gamma van uithollingen in mijnen of elders bestreken wordt, ongeacht de afmetingen of de opstelling, de onderlinge verbindingen en de positie van de operateurs in deze uithollingen. Deze systemen bevatten vertakkingen en verschillende typen van stralingsapparaten die met de golfgeleiders gekoppeld worden.

Tenslotte zal men, zo dit nodig zou blijken, prototypen bouwen van zenders-ontvangers die niet beschikbaar zijn op de markt en die beantwoorden aan de vereisten die door het resultaat van het onderzoek duidelijk zullen geworden zijn (modulatiewijze, frequentie, type van antenne, enz...).

Zowel uit technisch als uit wetenschappelijk oogpunt is het voor onze informatie belangrijk dat wij in voeling blijven met de wetenschappelijke laboratoriums en de firma's die in radio-elektriciteit gespecialiseerd zijn. Even nodig is dat de mogelijke gebruikers op de hoogte blijven van de vordering in het speurwerk. Daarom wensen de vorsers van de ploeg P.O.E. op de hoogte te blijven van de echo's, de kritiek en de suggesties die uit onderhavige publikatie zouden kunnen voortvloeien. Zij nemen zich voor, vóór het einde van het jaar een informatiedag te organiseren ten gerieve van de mijnbouwkundigen en een andere informatiedag waarop personaliteiten uit de administratie, de nijverheid en de laboratoriumwereld worden uitgenodigd.

Zoals Louis Armand zijn wij van oordeel dat de verspreiding van de technische en wetenschappelijke informatie voor de speurders de meest doeltreffende stimulans is : daardoor vernemen zij niet alleen dat een probleem is opgelost maar ook langs welke wegen men tot de oplossing gekomen is; voor hun eigen werk kunnen er aanwijzingen uit voortkomen waardoor het aantal combinaties die zij moeten beproeven wordt beperkt.

Opdat deze informatie volledig zou zijn is het natuurlijk nodig dat de mislukkingen even goed als de successen zouden worden bekend gemaakt en verklaard, want men moet even goed van de oorzaken van de ene als van de andere op de hoogte zijn.

Onze ploeg P.O.E. geeft zich rekenschap van de moeilijkheden. Ze laat er zich evenwel niet door ontmoedigen.

DANKWOORD

De Commissie der Europese Gemeenschappen en het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven staan gemeenschappelijk in voor de financiering van het onderzoek.

La Régie des Télégraphes et Téléphones autorise les émissions souterraines de caractère expérimental dans une gamme de fréquences très étendue.

L'Office de la Navigation met à la disposition de l'équipe le tunnel double de Lanaye.

Les firmes spécialisées dans la technique radio prêtent leur matériel lors des essais d'émetteurs-récepteurs dans les travaux souterrains.

Les charbonnages et les carrières souterraines nous accueillent dans leurs puits, galeries et chantiers.

Ce concours d'efforts nous met dans de bonnes conditions d'étude et d'expérimentation.

Aussi voudrions-nous, si les premiers résultats sont appréciés, que l'honneur soit partagé par tous ceux qui ont contribué au développement de la recherche.

Nous espérons que, dans l'intérêt de la Communauté, le même soutien nous sera accordé jusqu'à l'accomplissement de notre mission.

Que tous ceux qui nous ont aidés veuillent bien trouver ici l'expression de nos plus vifs remerciements.

De Regie voor Telegraaf en Telefoon heeft toelating gegeven voor uitzendingen in de ondergrond met proefondervindelijk karakter binnen een zeer wijde frequentiegamma.

De Dienst der Scheepvaart geeft de ploeg de beschikking over de dubbele tunnel te Lanaye.

De in radiotechnieken gespecialiseerde firma's geven hun materieel in bruikleen voor proeven met zenders-ontvangers in de ondergrondse werken.

De kolenmijnen en ondergrondse groeven stellen hun schachten, galerijen en werkplaatsen ter beschikking.

Deze samenbundeling van inspanningen schept gunstige omstandigheden voor onze studie en onze proefnemingen.

Daarom willen wij ook bij de eerste gunstige reakties op onze proeven dat de eer zou gedeeld worden tussen allen die bij de afwikkeling van het onderzoek hebben meegewerkt.

In het belang van de Gemeenschap hopen wij dezelfde steun te mogen genieten tot onze taak volbracht is.

Aan al degenen die ons zo bereidwillig hebben geholpen bieden wij hier onze oprechte dank.

La radio sous terre : solutions... et problèmes!

De radio ondergronds : oplossingen... en problemen!

G. LONGREE (*)

« *Tout ce qui n'est pas nouveau dans un temps d'innovation est pernicieux... N'imitez rien de ce qui s'est passé avant vous* ».

Saint Just.

Le but primordial de nos recherches est l'étude, le développement et la réalisation de systèmes capables d'assurer d'une façon permanente la transmission d'informations par voie hertzienne dans la totalité des mines et carrières. Ces informations ne se limiteront pas à l'échange de messages mais aussi au transfert d'ordres capables, en toute sécurité, d'assurer la commande à distance d'appareillages qui, actuellement, sont manipulés.

On dispose déjà d'un certain nombre de solutions pour assurer des communications en tunnels.

Les informations dans ce domaine sont relativement abondantes. Pourquoi ne pas en tirer des leçons qui peuvent être utiles et accélérer la solution d'une partie des problèmes plus proprement miniers.

L'impératif des grandes firmes mondiales est la limitation des risques commerciaux, d'où l'application de techniques éprouvées mais très onéreuses. De ce fait, les solutions industrielles sont généralement réservées à des réseaux relativement simples établis pour le compte d'organismes à grand budget. Cependant, certaines installations révèlent chez leur réalisateur un sens des réalités,

(*) Chercheur associé à l'INIEX.

Het voornaamste doel van ons onderzoek is de studie, de ontwikkeling en de bouw van systemen waarmee informaties op permanente wijze kunnen overgebracht worden door middel van hertzgolven in al de delen van mijnen en groeven. Deze informaties mogen niet beperkt blijven tot boodschappen maar moeten ook kunnen betrekking hebben op het uitwisselen van bevelen waarmee apparaten die nu met de hand bediend worden in volstrekte veiligheid kunnen bediend worden van op afstand.

Men heeft reeds een zeker aantal oplossingen voor de verbindingen in tunnels.

Op dat gebied bestaan er vrij omvangrijke inlichtingen. Waarom zou men daaruit niet de lessen trekken die hun nut kunnen hebben en sneller kunnen leiden tot een oplossing voor de meer speciale mijnbouwkundige problemen.

De grote wereldfirma's houden zich aan de regel dat de commerciële risico's moeten beperkt worden, hetgeen leidt tot het toepassen van beproefde doch omslachtige technieken. Daarom blijven de industriële oplossingen meestal beperkt tot tamelijk eenvoudige netten die opgericht worden voor rekening van kapitaalkrachtige organismen. Toch wijzen sommige installaties bij hun ontwerper op een werkelijkheidszin, een technologische per-

(*) Geassocieerd vorser bij het NIEB.

une maîtrise technologique, une subtilité sympathique qui, sans grands moyens, permettent des résultats appréciables.

A titre d'exemples, voici quelques caractéristiques d'installations en service dans des tunnels et galeries :

1) *Bell Telephones Laboratories N.Y. - Tunnel sous l'Hudson.* On a placé des amplificateurs de 30 W tous les 200 m. Le guide d'ondes est un câble coaxial ordinaire suivi de bifilaire adapté.
2) *General Electric Cy. - Chesapeake Bay Tunnel.* On utilise un câble bifilaire spécial prétorsadé et des amplificateurs de 1 W séparés par des intervalles dont la longueur est déterminée expérimentalement.
3) *Bendix Radio Corporation. - Cascade Tunnel, Great Northern Railway.* Dans ce tunnel de 12.500 m, on a disposé des amplificateurs relais tous les 400 m. Ils sont reliés par un câble d'asservissement à 18 paires de conducteurs. Les 33 relais fonctionnent sur une fréquence unique. Pour lutter contre la corrosion, on a injecté de l'azote dans les coffrets hermétiques.
4) *New Tokaido Line (Japon).* Dans ce tunnel de 8.000 m, on a utilisé 18 amplificateurs et un système très évolué de couplage par ligne téléphonique. Les lignes bifilaires sont construites en fils nus écartés de 20 mm et distants de la paroi de 350 mm.
5) *Motorola (U.S.A. et Canada).* Les communications sont transmises en U.H.F. le long d'un câble bifilaire spécial à grand écartement chargé à l'amplificateur et ouvert à l'autre extrémité. Des relais de 5 W compensent les pertes.
6) *U.R.S.S.* En Sibérie de l'Est, on a établi des communications le long d'une voie ferroviaire de 122 km de longueur avec passages en tunnel. Des émetteurs relais dans les gares amplifient les signaux transmis à la fréquence de 2 à 3 MHz. Un câble monofilaire est fixé parallèlement à la voie.
7) *Tchécoslovaquie.* Dans les houillères, on utilise des fréquences de 100 à 400 kHz.

Il faut retenir de ces descriptions que :

— plusieurs gammes de fréquences ont été exploitées et maîtrisées;
— les câbles porteurs bifilaires et coaxiaux sont utilisés principalement et parfois conjointement;
— l'utilisation systématique d'amplificateurs répétiteurs en rend l'application difficile en milieu houiller du fait des nécesités de sécurité;

fectie, een sympathieke verfijning, waarmee zonder grote middelen merkwaardige resultaten mogelijk zijn.

Wij geven bij wijze van voorbeeld enkele karakteristieken van installaties die in tunnels en galerijen gebruikt worden :

1) *Bell Telephones Laboratories N.Y. - Tunnel onder de Hudson.* Men heeft versterkers geplaatst van 30 W om de 200 m. De golfgeleider is een gewone coaxiale kabel gevolgd van een aangepaste tweeaderige geleider.
2) *General Electric Cy. - Chesapeake Bay Tunnel.* Men gebruikt een speciale vooraf gedraaide tweeaderige geleider en versterkers van 1 W op experimenteel bepaalde onderlinge afstanden.
3) *Bendix Radio Corporation. - Cascade Tunnel, Great Northern Railway.* In deze tunnel die een lengte heeft van 12.500 m heeft men om de 400 m relais-versterkers geplaatst. Ze zijn onderling verbonden door een bedieningskabel met 18 paar geleiders. De 33 relais werken op eenzelfde frequentie. Tegen corrosie heeft men stikstof in de hermetische koffers ingespoten.
4) *New Tokaido Line (Japan).* In deze tunnel van 8.000 m heeft men gebruik gemaakt van 18 versterkers en een zeer modern koppelingssysteem op basis van telefoonverbinding. De tweeaderige geleider bestaat uit blote draden op een onderlinge asafstand van 20 mm, op 350 mm van de wand.
5) *Motorola (VS en Canada).* De verbindingen komen tot stand in UHF langs een speciale tweeaderige kabel met grote spreiding die met een versterker opgeladen wordt en aan het tegenoverliggend uiteinde open is. De verliezen worden gecompenseerd door relais van 5 W.
6) *USSR.* In Oost-Siberië bestaan verbindingsnetten langs een spoorweg met een lengte van 122 km met tunnels. Zenders in de stations versterken de signalen die overgebracht worden op een frequentie van 2 tot 3 MHz. Een éénaderige kabel is evenwijdig met het spoor aangebracht.
7) *Tsjecho-Slovakije.* In de steenkolenmijnen wordt gebruik gemaakt van frequenties van 100 tot 400 kHz.

Uit deze beschrijvingen moet men het volgende onthouden :

— men heeft verschillende frequentiegamma's aangewend en bruikbaar gemaakt;
— men gebruikt hoofdzakelijk tweeaderige en coaxiale kabels, soms samen;
— het systematisch gebruik van versterkende relais betekent een bezwaar voor gebruik in de mijnen, wegens veiligheidseisen;

— le prix des installations et de leur entretien est très élevé.

Parmi les réalisations particulièrement originales, il est intéressant de noter les deux suivantes.

La Bendix Cy a réalisé au tunnel du Mont Airy (Maryland) un réseau constitué d'une ligne asymétrique composée d'un réflecteur constitué par cinq fils de cuivre parallèles tendus horizontalement et d'un câble actif suspendu 25 cm en dessous. Aux extrémités, la ligne est symétrisée par la convergence progressive des câbles réflecteurs. L'impédance passe de 300 à 600 ohms environ, ce qui permet le raccordement à deux antennes rhombiques verticales extérieures. Avec ce système, on obtient des communications à 160 MHz sans amplification sur une distance de 850 m.

L'Institut de Recherches Minières d'Ostrava (Tchécoslovaquie) a réalisé un minuscule émetteur pour le loger dans le couvercle de la batterie de lampe. Il ne pèse que 50 g. Sa fréquence est de 700 à 900 kHz. Il consomme très peu. Sous éboulement, il rayonne jusqu'à 30 m, distance jugée suffisante par les experts. Les fréquences des émetteurs étant différentes, des récepteurs très sensibles à ferrite orientable permettent une localisation rapide et l'appréciation de la distance. 4.700 lampes à émetteurs fonctionnent actuellement dans la mine Jan Jverna à Ostrava.

En dehors des sentiers battus, il n'est pas interdit d'explorer, mais on doit lutter contre divers éléments.

Le milieu géologique.

Les recherches relatives aux conductibilités et au comportement des roches nous apporteront de précieuses informations qui pourront nous orienter dans le choix des fréquences favorables, mais d'ici là, nous ne pouvons en négliger aucune et nos investigations doivent se poursuivre dans toutes les bandes utilisables.

Les obstacles métalliques.

La seule façon d'en minimiser les effets absorbants est d'obtenir une concentration des champs électro-magnétiques :

- selon l'axe de la galerie, en cas de propagation libre;
- entre les conducteurs, dans le cas d'un système bifilaire;
- le long d'un câble coaxial.

Les pertes de lignes.

Le monofilaire est relativement bien connu et, à mon avis, d'une utilisation assez limitée, mais

— de prijs van de installaties en het onderhoud ervan is zeer duur.

De volgende twee gevallen behoren tot de zeer originele toepassingen.

De Bendix Cy heeft in de tunnel van Mont Airy (Maryland) een net aangelegd dat bestaat uit een assymmetrische lijn samengesteld uit een reflector die zelf is gebouwd met vijf evenwijdige en horizontaal gespannen koperen draden en een actieve kabel die daar 25 cm onder hangt. Bij de uiteinden wordt de lijn symmetrisch gemaakt door het geleidelijk dichter bij elkaar brengen van de reflecterende kabels. De impedantie gaat van 300 tot ongeveer 600 ohm zodat aansluiting mogelijk is op twee uitwendige rhomboëdrische vertikale antennes. Met dit systeem krijgt men verbindingen op 160 MHz zonder versterking over een afstand van 850 m.

Het instituut voor mijnbouwkundig onderzoek van Ostrava (Tsjecho-Slovakije) heeft een dwergzender gebouwd die in het deksel van de batterij van een lamp kan geborgen worden. Hij weegt slechts 50 g. De frequentie bedraagt 700 tot 900 kHz. Het verbruik is uiterst laag. Onder een instorting draagt hij nog 30 m ver, hetgeen door de deskundigen als voldoende wordt beschouwd. Aangezien de frequenties van de zenders verschillend zijn, kunnen zeer gevoelige ontvangers met beweegbare ferrietantennes de opstelling ervan snel lokaliseren en de afstand schatten. Momenteel worden in de mijn Jan Jverna van Ostrava 4700 lampen met dergelijke zenders gebruikt.

Exploratie buiten de gebaande wegen is niet verboden maar men heeft af te rekenen met verschillende elementen.

Het geologisch milieu.

Het onderzoek betreffende de geleidendheid en de gedragingen van het gesteente moeten ons kostbare inlichtingen verschaffen die ons kunnen leiden bij de keuze van de geschikte frequentie, maar voor het zo ver is mogen we geen enkele frequentie verwaarlozen en moeten onze opsporingen zich in elk gebruikt gebied uitstrekken.

De metalen hinderpalen.

De enige manier om het opslorpend effect van deze hinderpalen tot een minimum te beperken is een concentratie van het elektromagnetisch veld :

- volgens de as van de galerij, bij vrije voortplanting;
- tussen de geleiders bij aanwending van een tweeaderig systeem;
- langs een coaxiale kabel.

De lijnverliezen.

De eenaderige lijn is tamelijk bekend en biedt naar mijn mening nogal beperkte gebruiksmoge-

sa *mise en résonance* peut apporter d'heureuses surprises.

Le fonctionnement des lignes bifilaires en espace confiné nous a longtemps échappé. La seule façon de l'utiliser rationnellement et d'en augmenter les performances est d'*en comprendre les phénomènes et d'en éclaircir le comportement.* Cette question a été traitée par MM. Deryck et De Keyser (1).

Quant au câble coaxial dont la technique d'utilisation est bien établie, nous nous trouvons devant l'alternative d'en choisir un, excellent, «sans reproche», qui fasse son métier de transporteur sans dispersion parasite de l'énergie, ou de faire l'inverse et de lui demander, de par son imperfection, de transmettre sans trop radier et de radier sans trop transmettre. Ce compromis est loin d'être satisfaisant. Aussi, le Professeur Delogne propose-t-il une solution plus scientifique (2).

Les pertes par couplages.

On évalue à 50 dB minimum la perte par couplage entre l'antenne d'un appareil émetteur et le guide d'ondes. La perte est identique à la réception de sorte qu'une faible partie seulement de l'énergie émise est finalement captée par le récepteur.

Ce couplage peut être amélioré :

— par couplage galvanique,
— par couplage capacitif proche,
— par couplage magnétique serré,

mais ces solutions apportent une servitude de proximité intolérable.

M. Dubois a expérimenté un système de transmission qui permet la concentration du champ magnétique, la diminution des pertes de couplage et dont l'intérêt primordial réside dans la constance des champs le long du réseau (3).

(1) L. Deryck. Etude des modes de propagation d'ondes électromagnétiques susceptibles d'exister sur une ligne bifilaire en milieu souterrain.
R. De Keyser. Mesures de champ et d'atténuation en propagation libre et avec guides d'ondes. A.M.B., juillet-août 1970.
(2) P. Delogne. — Les liaisons radio-électriques par câble coaxial dans la mine. A.M.B., juillet-août 1970.
(3) J. Dubois. — Système de télécommunications par guide d'onde résonnant. A.M.B., juillet-août 1970.

lijkheden maar in resonnantie kan ze zorgen voor aangename verrassingen.

De werking van de tweeaderige geleiders in een eng midden bleef ons lange tijd een raadsel. Het enige middel om te komen tot een rationeel gebruik en een verbetering van de doelmatigheid ervan is het *verwerven van de nodige kennis omtrent deze fenomenen en een verklaring te vinden voor de vastgestelde gedragingen.* Dit punt werd behandeld door de heren Derijck en De Keyser (1).

Wat de coaxiale kabel betreft waarvan de gebruikstechniek goed bekend is, staan we voor de keuze : ofwel gebruiken we een goede kabel zonder « gebreken » die zorgt voor het transport en waarbij geen nevenverschijnselen inzake spreiding van energie optreden; ofwel doen we het omgekeerde en nemen we een minder goede kabel die energie transporteert zonder er teveel uit te stralen en die uitstraalt zonder teveel te vervoeren. Dit compromis is verre van bevredigend. Professor Delogne stelt dan ook een meer wetenschappelijke oplossing voor (2).

De koppelingsverliezen.

Het koppelingsverlies tussen de antenne van een zendapparaat en de golfgeleider wordt geschat op minimum 50 dB. Bij ontvangst treedt hetzelfde verlies op zodat tenslotte slechts een klein gedeelte van de uitgezonden energie door de ontvanger wordt opgevangen.

Deze koppeling kan op de volgende manieren verbeterd worden :

— door galvanische koppeling;
— door nabije capacitieve koppeling;
— door gesloten magnetische koppeling,

maar al deze oplossingen vereisen een zekere nabijheid die wij niet kunnen aanvaarden.

Dhr Dubois heeft proeven gedaan met een transmissiesysteem waarmee het magnetisch veld kan geconcentreerd worden, de koppelingsverliezen verminderd worden, en dat vooral belangrijk is wegens de constante waarde van het veld over heel het net (3).

(1) L. Deryck. Studie van de manieren waarop elektromagnetische golven kunnen voortgeplant worden over een tweeaderige lijn in de ondergrond.
R. De Keyser. Metingen van de veldsterkte en de verzwakking in vrije voortplanting en met golfgeleider. A.M.B. juli-augustus 1970.
(2) P. Delogne. — Radioëlektrische verbindingen met behulp van coaxiale kabels in de mijnen. A.M.B. juli-augustus 1970.
(3) J. Dubois. — Telecommunicatiesysteem door middel van resonnerende golfgeleider. A.M.B. juli-augustus 1970.

Etude des modes de propagation d'ondes électromagnétiques susceptibles d'exister sur une ligne bifilaire en milieu souterrain

Studie van de manieren waarop elektromagnetische golven kunnen voortgeplant worden over een tweeaderige lijn in de ondergrond

L. DERYCK (*)

INTRODUCTION

La différence essentielle entre la propagation des ondes électromagnétiques à travers l'atmosphère et à travers le sous-sol terrestre réside dans l'atténuation exponentielle caractérisant la propagation souterraine.

Excepté dans le cas d'un sous-sol de haute résistivité, cette atténuation réduit fortement la portée efficace des ondes radio.

Souvent, on souhaite obtenir une liaison radio entre postes souterrains éloignés de plusieurs kilomètres, mais reliés par un réseau de galeries. Dans ce cas, il est avantageux d'utiliser une onde guidée, soit par la galerie elle-même, soit par une ligne placée dans cette galerie. La galerie ne peut cependant jouer le rôle de guide d'ondes que pour des fréquences supérieures à sa fréquence de coupure; les atténuations restent élevées (**).

Les lignes généralement employées pour guider les ondes électromagnétiques sont de quatre types : monofilaires, bifilaires, multifilaires et coaxiales. Seule la ligne coaxiale ne rayonne aucune énergie.

(*) Licencié en Sciences Physiques, Assistant à l'Université de l'Etat à Liège.

(**) Voir article de R. De Keyser publié dans le même numéro.

INLEIDING

Het voornaamste verschil tussen de voortplanting van elektromagnetische golven doorheen de atmosfeer en in de ondergrond bestaat in de exponentiele verzwakking die kenmerkend is voor de voortplanting in de ondergrond.

Deze verzwakking betekent een merkelijke vermindering van het effectief bereik der radiogolven, uitgezonderd in een gesteente met hoge resistiviteit.

Dikwijls is een radioverbinding gewenst tussen ondergrondse punten die verschillende kilometers van elkaar verwijderd zijn maar met elkaar verbonden zijn door een netwerk van galerijen. In dat geval heeft men er voordeel bij gebruik te maken van een golfgeleider, die de galerij zelf kan zijn ofwel een in die galerij geplaatste lijn. De galerij kan evenwel slechts als golfgeleider dienen voor frequenties die hoger liggen dan haar onderbrekingsfrequentie. De verzwakking blijft hoog (**).

De lijnen die in het algemeen gebruikt worden voor het geleiden van de elektromagnetische golven behoren tot vier typen : eenaderige, tweeaderige, meeraderige

(*) Licenciaat in de Natuurkundige Wetenschappen, Assistent bij de Rijksuniversiteit van Luik.

(**) Zie het artikel van R. De Keyser in hetzelfde nummer.

Dans la plupart des solutions envisagées jusqu'à présent, un émetteur fixe est couplé galvaniquement à la ligne; celle-ci rayonne une fraction de l'énergie qu'elle transporte; une partie de cette énergie peut être captée par l'antenne d'un récepteur sans liaison physique avec la ligne [1].

Dans le cas de la ligne coaxiale, il est donc nécessaire de lui adjoindre des dispositifs rayonnants.

Nous nous sommes attachés à l'étude de la propagation guidée dans un tunnel, en nous imposant une absence complète de liaison physique entre les émetteurs, les récepteurs et la ligne; nous avons plus spécialement étudié le comportement d'une ligne bifilaire dans un tel cas.

INTERET DE LA LIGNE BIFILAIRE

La ligne monofilaire se caractérise par une intense radiation d'énergie; il en résulte une atténuation importante de l'onde guidée, spécialement lorsqu'on ne peut éviter la proximité de matériaux imparfaitement conducteurs. L'atténuation d'une telle ligne dépend fortement de sa distance à l'une des parois du tunnel. La ligne bifilaire, dont les deux conducteurs séparés d'une petite fraction de longueur d'onde sont parcourus par des courants en opposition de phase, ne rayonne qu'un faible pourcentage de l'énergie qu'elle transporte; nécessitant moins d'espace pour la propagation d'énergie que la ligne monofilaire, elle est peu influencée par la proximité des parois [2].

Cependant, si les deux conducteurs sont parcourus par des courants en phase, la ligne bifilaire se comportera comme une ligne monofilaire au point de vue du rayonnement et de l'atténuation. Nous appellerons ce mode de propagation « mode à courants parallèles » ou plus brièvement « mode parallèle »; le mode caractérisé par l'existence de courants déphasés de 180 degrés sera appelé « mode à courants antiparallèles » ou « mode antiparallèle ». Souvent ces deux modes existent simultanément.

On a intérêt à rendre le mode antiparallèle dominant afin de diminuer l'atténuation de la ligne [3].

Les courbes a et b de la figure 1 représentent, pour les fréquences de 27 MHz et 68 MHz, la variation de l'atténuation d'une ligne monofilaire ou du mode parallèle d'une ligne bifilaire en fonction de la distance de cette ligne à la paroi. Les courbes c et d représentent le cas du mode antiparallèle de la ligne bifilaire.

Les atténuations des modes parallèle et antiparallèle de la ligne bifilaire valent respectivement 138 dB/100 m et 9 dB/100 m à 27 MHz lorsque cette ligne est déposée sur le sol de la galerie.

en coaxiale. Alleen bij de coaxiale is er hoegenaamd geen uitstraling van energie.

In de meeste tot nu toe aangewende installaties wordt een vaste zender galvanisch gekoppeld op de lijn; deze straalt een gedeelte uit van de energie die ze vervoert; een gedeelte van deze energie kan opgevangen worden door de antenne van een ontvangtoestel, zonder fysieke verbinding met de lijn [1].

Gebruikt men een coaxiale kabel dan moet men daar dus stralingsapparaten aan toevoegen.

Wij hebben ons beziggehouden met de studie van de geleide voortplanting in een tunnel, afziende van elke fysieke verbinding tussen de zenders en de ontvangers, en de lijn; wij hebben meer speciaal de gedragingen van een tweeaderige kabel in die omstandigheden bestudeerd.

VOORDELEN VAN DE TWEEADERIGE LIJN

De éénaderige lijn wordt gekenmerkt door een intense energieuitstraling; daaruit volgt een belangrijke verzwakking van de geleide golf, vooral wanneer men niet kan voorkomen dat er zich onvolmaakt geleidende materialen in de nabijheid bevinden. De verzwakking hangt bij dergelijke lijn in hoge mate af van de afstand ervan tot één van de tunnelwanden. Een tweeaderige lijn, waarvan de twee geleiders, die van elkaar gescheiden zijn door een afstand overeenkomend met een kleine fractie van de golflengte, doorlopen worden door stromen die in fazeoppositie staan, straalt slechts een klein gedeelte uit van de vervoerde energie; omdat ze voor de voortplanting van de energie minder ruimte nodig heeft dan de eenaderige lijn, wordt ze slechts weinig beïnvloed door de nabijheid van de wanden [2].

Wanneer de twee geleiders evenwel doorlopen worden door stromen die met elkaar in faze zijn, gedraagt de tweeaderige lijn zich gelijk een éénaderige uit oogpunt van straling en verzwakking. Wij zullen deze voortplantingswijze « met parallele stromen » of korter « de parallele » noemen; de manier gekenmerkt door het bestaan van stromen met een fazeverschil van 180° noemen we « met antiparallele stromen » of « antiparallel ». Dikwijls bestaan de twee wijzen tegelijkertijd.

Men heeft er belang bij de overhand te laten aan de antiparallele manier om zodoende de verzwakking op de lijn te verminderen [3].

De krommen a en b van figuur 1 stellen de verandering in de verzwakking voor, voor frequenties van 27 tot 68 MHz, van een éénaderige geleider of van de parallele werkwijze in een tweeaderige lijn, in functie van de afstand van deze lijn tot de wand. De krommen c en d hebben betrekking op de antiparallele manier in de tweeaderige lijn.

De verzwakking bij parallele en antiparallele werkwijze ligt bij de tweeaderige lijn respectievelijk bij 138 dB/100 m en 9 dB/100 m op 27 MHz wanneer deze lijn op de bodem van de galerij ligt.

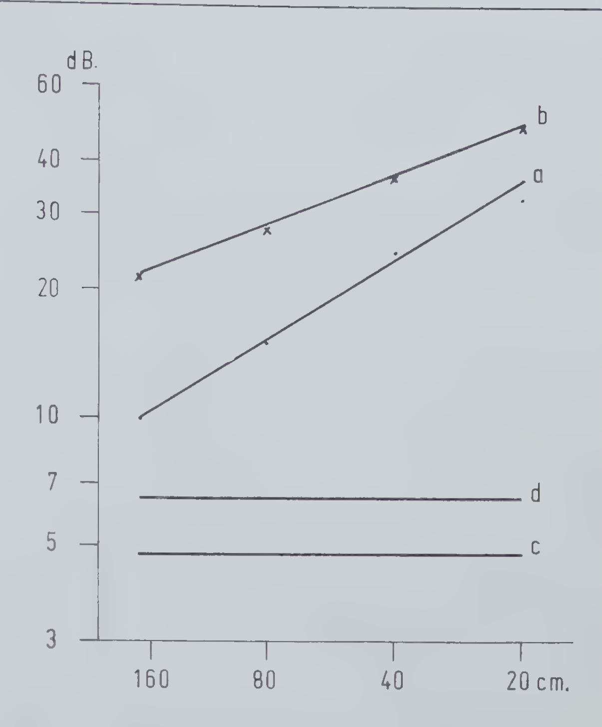


Fig. 1.

Tunnel de Lanaye : hauteur 4 à 5 m; largeur 3 à 4 m. Courbes a et b : atténuation d'une ligne monofilaire en fonction de sa distance à la paroi pour les fréquences de 27 MHz et 68 MHz.

Courbes c et d : atténuation du mode antiparallèle de la ligne bifilaire en fonction de sa distance à la paroi pour les fréquences de 27 MHz et 68 MHz.

Tunnel van Lanaye : hoogte 4 tot 5 m; breedte 3 tot 4 m. Krommen a en b : verzwakking van een eenaderige lijn in functie van haar afstand tot de wand, voor frequenties van 27 tot 68 MHz.

Krommen c en d : verzwakking van de antiparallele stromen van de tweeaderige lijn in functie van haar afstand tot de wand, voor frequenties van 27 tot 68 MHz.

COMPORTEMENT D'UNE LIGNE BIFILAIRE PLACEE DANS UNE GALERIE

Lorsqu'on place un émetteur à proximité d'une ligne bifilaire et qu'il n'y a pas de liaison galvanique, par transformateur d'impédance (balun), entre la sortie asymétrique de l'émetteur et l'entrée symétrique de la ligne, on excite essentiellement le mode parallèle, étant donné le faible écartement des conducteurs.

Aussi, la plupart des essais réalisés en galerie, sans couplage galvanique entre la ligne et l'émetteur, n'ont montré aucune différence entre la propagation d'une onde en présence d'un conducteur et la propagation en présence de deux conducteurs.

Cependant, une expérience vérifiée de nombreuses fois et décrite préalablement par R. Liégeois [4] montre une différence notable entre l'atténuation d'une ligne monofilaire et celle d'une ligne bifilaire lorsque celles-ci sont déposées à même le sol; cette différence est d'autant plus marquée que l'angle entre le sol et le plan des deux conducteurs est voisin de 90 degrés. L'atténuation d'une telle ligne, placée d'une manière aléatoire sur le sol de la galerie, était de 45 dB/100 m à 27 MHz et était donc inférieure de 93 dB/ 100 m à celle de la ligne monofilaire placée dans les mêmes conditions.

Puisque l'émetteur excite le mode parallèle, et que l'atténuation de ce mode a la même valeur que celle d'une ligne monofilaire, on est en droit de supposer que le mode antiparallèle apparaît spontanément à partir du mode parallèle.

INTERFERENCE ENTRE MODES DE PROPAGATION

La possibilité de transformation d'un mode parallèle en mode antiparallèle résulte de la possibilité de dia-

DE GEDRAGINGEN VAN EEN IN EEN GALERIJ GEPLAATSTE TWEEADERIGE LIJN

Wanneer men een zender nabij een tweeaderige lijn plaatst, en er is geen galvanisch contact, door impedantietransformator (balun) tussen de assymmetrische uitgang van de zender en de symmetrische ingang van de lijn, dan bekomt men hoofdzakelijk een parallele werking, gezien de kleine afstand tussen de geleiders.

Daarom werd dan ook bij de meeste proeven in galerijen, zonder galvanisch contact tussen de lijn en de zender, geen enkel verschil vastgesteld inzake golfvoortplanting tussen één enkele geleider en twee geleiders.

Niettemin blijkt uit waarnemingen die talrijke keren gecontroleerd werden en reeds beschreven werden door R. Liégeois [4] dat er een aanzienlijk verschil bestaat tussen de verzwakking van een éénaderige lijn en die van een tweeaderige lijn, wanneer beide nabij de grond hangen; dit verschil is des te groter naarmate de hoek tussen de grond en het vlak van beide geleiders dichter bij 90° ligt. De verzwakking van een soortgelijke lijn die op een onverschillige wijze op de grond van de galerij wordt gelegd bedroeg 45 dB/100 m bij 27 MHz en was dus 93 dB/100 m kleiner dan die van een op dezelfde manier geplaatste éénaderige lijn.

Aangezien de zender de parallele werking veroorzaakt en de verzwakking in dat geval dezelfde waarde heeft als bij de éénaderige lijn, mag men met recht veronderstellen dat de antiparallele manier van voortplanten vanzelf uit de parallele ontstaat.

INTERFERENTIE TUSSEN DE MANIEREN VAN VOORTPLANTEN

De mogelijkheid om van de parallele manier op de antiparallele over te gaan vloeit voort uit de moge-

phonie entre les deux circuits qui caractérisent ces modes, c'est-à-dire de la possibilité d'un passage d'énergie d'un circuit sur l'autre par l'intermédiaire de couplages. Dans un de ces circuits, les courants parcourant les deux conducteurs sont en opposition de phase; les courants dans le sol sont nuls; dans l'autre circuit, les courants sur les deux conducteurs ont la même constante de phase et présentent, par rapport aux courants circulant dans le sol, un déphasage de 180°.

La diaphonie entre ces modes résulte de l'existence de déséquilibres entre les résistances et les inductances des conducteurs et entre les capacités et les perditances partielles entre les conducteurs et le sol.

Pour caractériser quantitativement le phénomène de diaphonie, considérons le quadripôle dont les bornes d'entrée sont les bornes d'entrée du circuit perturbateur (ici le circuit correspondant au mode parallèle) et les bornes de sortie, celles du circuit perturbé (le circuit correspondant au mode antiparallèle).

L'affaiblissement image de ce quadripôle définit l'affaiblissement diaphonique :

lijkheid van diafonie tussen de twee ketens die kenmerkend zijn voor deze voortplantingswijzen, dit wil zeggen uit de mogelijkheid dat er energie van de ene keten op de andere overgaat door tussenkomst van koppelingen. In een van deze ketens zijn de stromen die door de twee geleiders vloeien tegengesteld in faze; in de bodem is de stroom nul; in de andere keten zijn de stromen in de twee geleiders in faze en vertonen ze ten opzichte van de stromen die door de grond lopen een fazeverschil van 180°.

De diafonie tussen de twee manieren van voortplanting vindt haar oorsprong in het bestaan van een onevenwicht tussen de weerstanden en de inductanties van de geleiders en tussen de capaciteit en de gedeeltelijke perditanties tussen de geleiders en de grond.

Om het fenomeen van de diafonie kwantitatief te beschrijven, beschouwen wij het vierpolig element waarvan de ingangsklemmen de ingangsklemmen zijn van de stoorketen (hier de keten overeenkomend met de parallelwerking) en de uitgangsklemmen die van de gestoorde keten (de keten overeenkomend met de antiparallelwerking).

Het verzwakkingsbeeld van dit vierpolig element bepaalt de diafonische verzwakking :

$$A_d = 10 \log_{10} \left|\frac{V_1 I_1}{V_2 I_2}\right| = 20 \log_{10} \left|\sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}\,\frac{I_1}{I_2}\right| = 20 \log_{10} \left|\sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}}\,\frac{V_1}{V_2}\right| \text{ dB}$$

On peut décomposer le quadripôle en trois quadripôles (fig. 2) : le deuxième quadripôle représente le quadripôle de diaphonie. Les quadripôles I et III représentent des sections de circuit.

Men kan het vierpolig element ontbinden in drie vierpolige elementen (fig. 2) : het tweede stelt het diafonie-element voor; de vierpolige elementen I en III stellen secties van ketens voor.

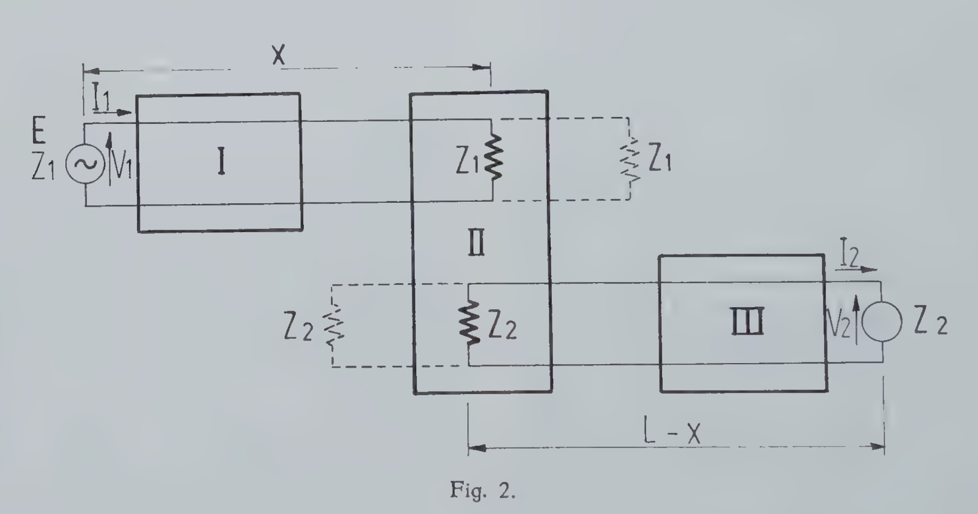


Fig. 2.

L'affaiblissement diaphonique vaut :

De diafonische verzwakking heeft volgende waarde :

$$A_d = A_I + A_{II} + A_{III} = \alpha_p \cdot x + A_{II} + \alpha_a (L - x)$$

où α_p est la constante d'affaiblissement du mode parallèle et

α_a la constante d'affaiblissement du mode antiparallèle.

A_{II}, qui est l'affaiblissement diaphonique au point même où se produit la diaphonie, s'appelle l'affaiblissement diaphonique intrinsèque et sera noté A_{di}.

waarin α_p de verzwakkingsconstante is van de parallelwerking en

α_a de verzwakkingsconstante van de antiparallelwerking.

A_{II}, de diafonische verzwakking op het punt zelf waar de diafonie ontstaat, heet de intrinsieke diafonische verzwakking en zal aangeduid worden met A_{di}.

VALEUR DE L'AFFAIBLISSEMENT DIAPHONIQUE INTRINSEQUE ENTRE MODE PARALLELE ET MODE ANTIPARALLELE

L'ensemble des deux circuits considérés à partir d'une même origine peut être représenté par un groupe de trois admittances partielles (fig. 3).

WAARDE VAN DE INTRINSIEKE DIAFONISCHE VERZWAKKING TUSSEN PARALLELWERKING EN ANTIPARALLELWERKING

Het geheel van de twee ketens, genomen van een zelfde oorsprong af, kan voorgesteld worden door een groep van drie partiele admittanties (fig. 3).

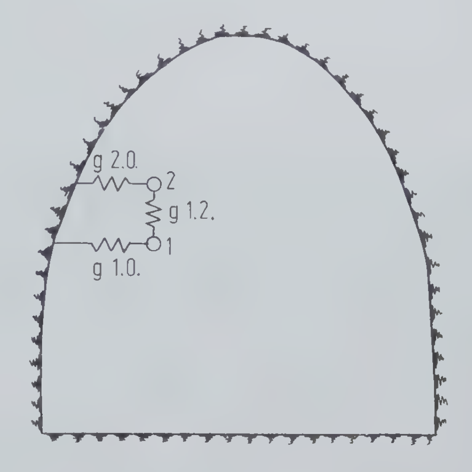


Fig. 3.

Section transversale d'un élément de ligne de longueur dx.
g_{12} : admittance entre les conducteurs 1 et 2.
g_{10} (i = 1,2) : admittance entre le conducteur i et la galerie.

Dwarsdoorsnede van een element der lijn met een lengte dx.
g_{12} : admittantie tussen de geleiders 1 en 2.
g_{10} (i = 1, 2) : admittantie tussen de geleider i en de galerij.

La paroi de la galerie est supposée au potentiel zéro. Les équations différentielles des courants dans les conducteurs 1 et 2 sont :

De galerijwanden worden verondersteld op een nulpotentiaal te zijn. De differentiaalvergelijkingen van de stromen in de geleiders 1 en 2 zijn :

$$-\frac{di_1}{dx} = g_{12}\,(v_1 - v_2) + g_{10}\,v_1 \qquad (1)$$

$$-\frac{di_2}{dx} = g_{21}\,(v_2 - v_1) + g_{20}\,v_2 \qquad (2)$$

Les équations différentielles des tensions correspondantes s'écrivent :

De differentiaalvergelijkingen van de overeenkomende spanningen zijn de volgende :

$$-\frac{dv_1}{dx} = r_{11}\,i_1 + r_{12}\,i_2 \qquad (3)$$

$$-\frac{dv_2}{dx} = r_{21}\,i_1 + r_{22}\,i_2 \qquad (4)$$

où r_{11} et r_{22} sont les impédances linéiques des conducteurs 1 et 2, r_{12} et r_{21}, les impédances mutuelles entre les circuits formés par le conducteur 1 et le tunnel, d'une part, le conducteur 2 et le tunnel, d'autre part.

On a évidemment $g_{12} = g_{21}$ et $r_{12} = r_{21}$.

Introduisons, au lieu des courants et tensions dans les conducteurs, les courants et tensions correspondant aux deux modes de propagation et qui sont

pour le mode antiparallèle : $i_a = \dfrac{i_1 - i_2}{2}$

$$v_a = v_1 - v_2$$

et pour le mode parallèle : $i_p = i_1 + i_2$

$$v_p = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

waarin r_{11} en r_{22} de eigen impedanties zijn van de geleiders 1 en 2, en r_{12} en r_{21} de wederzijdse impedanties tussen de ketens gevormd enerzijds door de geleider 1 en de tunnel, en anderzijds door de geleider 2 en de tunnel.

Vanzelfsprekend is $g_{12} = g_{21}$ en $r_{12} = r_{21}$.

In plaats van de stromen en spanningen in de geleiders brengen we de stromen en spanningen die met de twee voortplantingsmanieren overeenkomen in de vergelijking, te weten

voor de antiparallele manier : $i_a = \dfrac{i_1 - i_2}{2}$

$$v_a = v_1 - v_2$$

en voor de parallele manier : $i_p = i_1 + i_2$

$$v_p = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

Les équations (1), (2), (3) et (4) deviennent :

De vergelijkingen (1), (2), (3) en (4) worden :

$$-\frac{di_a}{dx} = G_{11}\ v_a + G_{12}\ v_p \qquad (5)$$

$$-\frac{di_p}{dx} = G_{21}\ v_a + G_{22}\ v_p \qquad (6)$$

$$-\frac{dv_a}{dx} = R_{11}\ i_a + R_{12}\ i_p \qquad (7)$$

$$-\frac{dv_p}{dx} = R_{21}\ i_a + R_{22}\ i_p \qquad (8)$$

où les G_{mn} et R_{mn} s'expriment en fonction des g_{mn} et des r_{mn}.

Appelons v_{po}, v_{ao}, i_{po} et i_{ao} les tensions et courants avant la perturbation provoquant la diaphonie, v_{pe}, v_{ae}, i_{pe} et i_{ae} les tensions et courants après cette perturbation.

Les équations (5) et (7) s'écrivent :

waarin G_{mn} en R_{mn} uitgedrukt worden in functie van g_{mn} en r_{mn}.

Wij noemen v_{po}, v_{ao}, i_{po} en i_{ao} de spanningen en stromen vóór de door de diafonie veroorzaakte storing, en v_{pe}, v_{ae}, i_{pe} en i_{ae} de spanningen en stromen na deze storing.

De vergelijkingen (5) en (7) worden :

$$i_{ao} - i_{ae} = G_{11}\ v_{ao} + G_{12}\ v_{po} \qquad (9)$$

$$v_{ao} - v_{ae} = R_{11}\ i_{ao} + R_{12}\ i_{po} \qquad (10)$$

L'émetteur excitant essentiellement le mode parallèle et le mode antiparallèle étant le mode perturbé, on peut dans (9) et (10) négliger les termes $G_{11}\ v_{ao}$ et $R_{11}\ i_{ao}$.

De plus, les circuits étant terminés sur leurs impédances caractéristiques Z_p et Z_a, on a :

Aangezien de zender hoofdzakelijk de paralele manier opwekt en de antiparallele manier de gestoorde is, kan men in (9) en (10) de termen $G_{11}\ v_{ao}$ en $R_{11}\ i_{ao}$ verwaarlozen.

Bovendien heeft men, aangezien de ketens gekenmerkt worden door hun karakteristieke impedanties Z_p en Z_a :

$$v_{po} = Z_p\ i_{po} \qquad (11)$$

$$v_{ao} = -Z_a\ i_{ao} \qquad (12)$$

$$v_{pe} = Z_p\ i_{pe} \qquad (13)$$

$$v_{ae} = Z_a\ i_{ae} \qquad (14)$$

Des équations (9) à (14), on tire :

Uit de vergelijkingen (9) tot (14) haalt men :

$$\frac{v_{po}}{v_{ae}} = 2\ (-G_{12}\ Z_a - \frac{R_{12}}{Z_p})^{-1} \qquad (15)$$

L'affaiblissement diaphonique intrinsèque vaut :

De waarde van de intrinsieke diafonische verzwakking bedraagt :

$$A_{di} = 20\ \log_{10} \left| \frac{v_{po}}{v_{ae}} \sqrt{\frac{Z_a}{Z_p}} \right| \qquad (16)$$

où l'on remplace v_{po}/v_{ae} par sa valeur donnée par (15).

Les valeurs de G_{12} et R_{12} s'obtiennent à partir des équations (1) à (8) :

waarin men v_{po}/v_{ae} vervangt door zijn waarde gegeven door (15).

De waarden G_{12} en R_{12} worden bekomen uit de vergelijkingen (1) tot (8) :

$$R_{12} = \frac{r_{11} - r_{22}}{2}$$

$$G_{12} = \frac{g_{10} - g_{20}}{2}$$

La possibilité d'interférence entre les deux modes de propagation est donc liée à l'existence de déséquilibres entre les admittances g_{io} ou entre les impédances r_{ii}.

Dans le cas où cette interférence est provoquée par un déséquilibre capacitif résultant de la position de la ligne par rapport à la paroi du tunnel, la relation (16) s'écrit :

De mogelijkheid tot interferentie tussen de twee voortplantingswijzen steunt dus op het bestaan van een onevenwicht tussen de admittanties g_{io} en tussen de impedanties r_{ii}.

In het geval waarin deze interferentie wordt veroorzaakt door een capacitief onevenwicht als gevolg van de opstelling van de lijn ten opzichte van de tunnelwand, wordt de vergelijking (16) geschreven als volgt :

$$A_{di} = 20 \log_{10} \left| \frac{4}{\omega g \sqrt{Z_a Z_p}} \right| \qquad (17)$$

où $g = C_{10} - C_{20}$.

Considérons maintenant la diaphonie résultant de déséquilibres répartis le long de la ligne.

En tenant compte de la répartition aléatoire des phases des tensions de diaphonie et en supposant que l'affaiblissement diaphonique intrinsèque ne dépend pas de x, on obtient pour une ligne de longueur L :

waarin $g = C_{10} - C_{20}$.

Beschouwen wij nu de diafonie als gevolg van het onevenwicht verdeeld over heel de lengte van de lijn.

Houden wij rekening met een willekeurige verdeling van de fazen der diafoniespanningen en veronderstellen wij dat de intrinsieke diafonieverzwakking onafhankelijk is van x, dan bekomen we voor een lijn met lengte L :

$$|v_{ae}| = |v_{po}| \cdot \sqrt{\left|\frac{Z_a}{Z_p}\right|} \, e^{-A_{di}} \, e^{-\alpha_a L} \sqrt{\int_0^L e^{-2(\alpha_p - \alpha_a)x} \, dx}$$

où A_{di} est exprimé en Népers, et α_a, α_p en Népers/m et

waarin A_{di} wordt uitgedrukt in Néper en α_a, α_p in Néper/m en

$$A_{dt} = A_{di} + \alpha_a L + \ln \frac{2(\alpha_p - \alpha_a)}{1 - e^{-2(\alpha_p - \alpha_a) L}} \text{ Népers} \qquad (18)$$

Pour se rendre compte de l'importance relative des modes parallèle et antiparallèle, il faut comparer l'affaiblissement diaphonique total à l'affaiblissement du mode parallèle α_p L.

La différence $A_{dt} - \alpha_p L$ est appelée écart diaphonique.

Wil men zich rekenschap geven van het relatieve belang van de parallele en de antiparallele manier van voortplanten, dan moet men de totale diafonische verzwakking vergelijken met de verzwakking van de parallele voortplantingsmanier α_p . L.

Het verschil $A_{dt} - \alpha_p L$ wordt diafonische afwijking geheten.

VERIFICATION EXPERIMENTALE ET EXPLICATION DES PHENOMENES OBSERVES

En utilisant un oscilloscope double trace à échantillonnage, nous avons vérifié, pour des fréquences variant entre 100 kHz et 400 MHz, qu'une antenne, alimentée par un générateur et placée dans une galerie parcourue par une ligne bifilaire, induit des courants en phase dans les deux conducteurs.

Ces courants restent pratiquement en phase lorsque la ligne est éloignée des parois. Dès que la ligne est posée contre une des parois du tunnel, on observe des variations importantes des phases et des amplitudes des courants circulant sur les deux conducteurs ; ces variations résultent de l'importance relative des deux modes de propagation (fig. 4).

Pour une longueur déterminée de câble en contact avec la paroi, cette conversion ne devient sensible qu'au-delà d'une certaine fréquence.

EXPERIMENTELE CONTROLE EN VERKLARING VAN DE WAARGENOMEN VERSCHIJNSELEN

Met behulp van een tweebaansoscilloscoop met staalneming hebben wij nagegaan, voor frequenties gaande van 100 kHz tot 400 MHz, dat een antenne, gevoed door middel van een generator en geplaatst in een galerij die door een tweeaderige kabel doorlopen wordt, in beide geleiders stromen in faze induceert.

Deze stromen blijven praktisch in faze wanneer de lijn ver van de wanden hangt. Zodra de lijn tegen één der wanden van de tunnel gehangen wordt, ziet men belangrijke veranderingen optreden in de fazen en in de amplituden van de stromen die beide geleiders doorlopen ; deze veranderingen zijn een gevolg van een verschillend belang van de beide manieren van voortplanting (fig. 4).

Voor een bepaalde lengte van kabel die met de wand in aanraking komt is deze verandering slechts voelbaar van een bepaalde frequentie af.

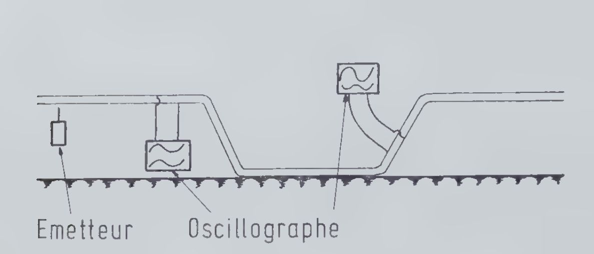
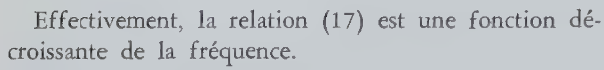



Fig. 4.

Variation des phases et des amplitudes des courants circulant sur une ligne en fonction de la position de cette ligne dans la galerie.

Verandering van de fazen en de amplituden van de door de lijn gaande stromen in functie van de positie van deze lijn in de galerij.

émetteur = zender.
oscillographe = oscillograaf.

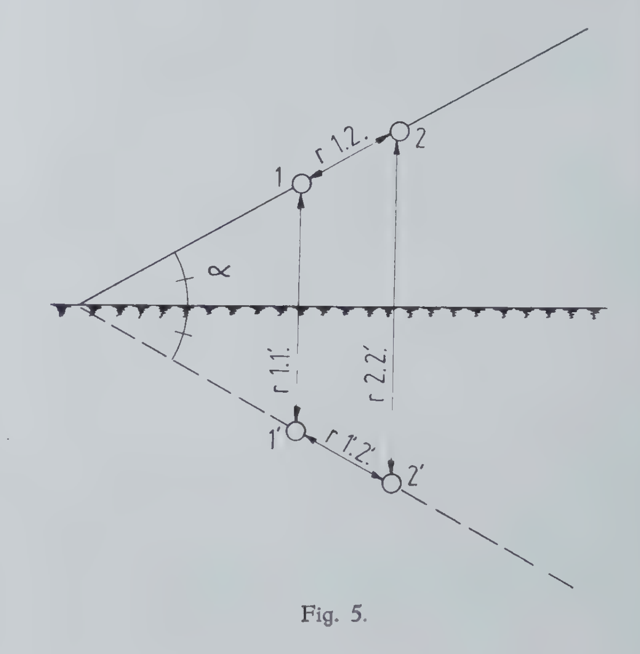


Fig. 5.

Effectivement, la relation (17) est une fonction décroissante de la fréquence.

L'influence de la position de la ligne s'explique en calculant la valeur de g.

Supposons pour simplifier le problème que la ligne est proche d'un plan conducteur qui est celui de la paroi du tunnel.

L'ensemble est analogue à un système de quatre fils (fig. 5).

Soient λ_1 et λ_2 les densités linéiques portées par les conducteurs 1 et 2; a leur rayon.

Leurs potentiels s'écrivent :

De betrekking (17) is immers een afnemende functie van de frequentie.

Om de invloed van de positie van de lijn te verklaren berekent men de waarde van g.

Om het probleem te vereenvoudigen veronderstellen wij dat de lijn zich bevindt in de nabijheid van een geleidend vlak dat de wand van de tunnel is.

Het geheel komt overeen met een vierdraadssysteem (fig. 5).

Noemen wij λ_1 en λ_2 de eigen dichtheid gedragen door de geleiders 1 en 2, en a hun straal.

Hun potentiaal is de volgende :

$$V_1 = \frac{1}{2\pi\varepsilon}\left[\lambda_1 \ln \frac{r_{11}'}{a} + \lambda_2 \ln \frac{r_{12}'}{r_{12}}\right]$$

$$V_2 = \frac{1}{2\pi\varepsilon}\left[\lambda_1 \ln \frac{r_{12}'}{r_{12}} + \lambda_2 \ln \frac{r_{22}'}{a}\right]$$

et C^{-1}, inverse de la matrice des capacités, vaut :

en C^{-1}, omgekeerde van de capaciteitenmatrix, is gelijk aan :

$$C^{-1} = \frac{1}{2\pi\varepsilon}\begin{bmatrix} \ln \frac{r_{11}'}{a} & \ln \frac{r_{12}'}{r_{12}} \\ \ln \frac{r_{12}'}{r_{12}} & \ln \frac{r_{22}'}{a} \end{bmatrix}$$

Cette matrice inversée fournit C :

Deze omgekeerde matrix levert C op :

$$C = \frac{2\pi\varepsilon}{\ln \frac{r_{11}'}{a} \ln \frac{r_{22}'}{a} - \left(\ln \frac{r_{12}'}{r_{12}}\right)^2}\begin{vmatrix} \ln \frac{r_{22}'}{a} & \ln \frac{r_{12}'}{r_{12}} \\ \ln \frac{r_{12}'}{r_{12}} & \ln \frac{r_{11}'}{a} \end{vmatrix}$$

Le déséquilibre g vaut alors :

Bijgevolg is de waarde van het onevenwicht g :

$$g = C_{11} - C_{22} = 2\pi\varepsilon \ln\left(1 + \frac{2 r_{12} \sin\alpha}{r_{11}'}\right) \left[\ln\frac{r_{11}'}{a} \ln\frac{r_{22}'}{a} - \left(\ln\frac{r_{12}'}{r_{12}}\right)^2\right]^{-1} \text{F}/m$$

Ainsi, g est une fonction décroissante de r_{11}' et r_{22}', et pour $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, une fonction croissante de α.

Lorsque la ligne est écartée de la paroi de la galerie, c'est-à-dire lorsque r_{11}' et r_{22}' sont grands, la valeur élevée de g entraîne une valeur élevée de l'affaiblissement diaphonique total qui conjuguée à une faible valeur de α_p provoque un écart diaphonique élevé. Le mode parallèle sera dominant.

Lorsque la ligne est placée contre une paroi, l'augmentation de g provoque une diminution de l'affaiblissement diaphonique total, Cette valeur de g est maximum lorsque l'angle α vaut 90°.

La valeur plus élevée de α_p provoque un écart diaphonique faible pouvant même devenir négatif. Dans ce dernier cas, le mode antiparallèle sera dominant.

La présence du mode antiparallèle permet d'augmenter la portée des émetteurs-récepteurs placés dans la galerie et explique la différence des résultats obtenus lorsqu'un ou deux câbles étaient déposés sur le sol d'une galerie.

g is bijgevolg een afnemende functie van r_{11}' en r_{22}', en voor $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ een stijgende functie van α.

Wanneer de lijn ver van de wanden der galerij ligt, met andere woorden wanneer r_{11}' en r_{22}' groot zijn, geeft de hoge waarde van g een hoge waarde voor de totale diafonische verzwakking. De waarde van g is maximaal voor een hoek α gelijk aan 90°.

Een hogere waarde van α_p veroorzaakt een kleine diafonische afwijking die zelfs negatief kan worden. In dit laatste geval worldt de antiparallele voortplanting dominerend.

Het bestaan van de antiparallele voortplanting maakt het mogelijk het bereik van de zenders-ontvangers die in de galerij geplaatst worden te vergroten en geeft een verklaring voor het verschil dat men waargenomen heeft wanneer één van de kabels op de grond van de galerij gelegd werd.

APPLICATIONS PRATIQUES

On pourrait croire que le processus responsable de l'apparition d'un mode de propagation à courants antiparallèles doive également provoquer sa disparition.

En fait, dès que l'on excite ce mode de propagation par l'intermédiaire d'un couplage galvanique, on ne remarque pratiquement pas d'apparition de mode parallèle, même pour une ligne placée contre la paroi du tunnel.

Effectivement, si l'affaiblissement diaphonique intrinsèque a la même valeur que celui de la transformation inverse, l'affaiblissement diaphonique total a une valeur plus élevée par suite de la valeur élevée de α_p (18). De la faible valeur de α_a résulte un écart diaphonique également élevé.

On ne verra donc pas apparaître des courants parallèles importants lorsque la ligne sera excitée exclusivement en mode antiparallèle.

Mais l'émetteur placé dans la galerie excite essentiellement le mode parallèle. Il y a donc intérêt à convertir la majeure partie de l'onde qui se propage selon ce mode en onde guidée selon le mode antiparallèle.

Il est donc nécessaire de diminuer la valeur de l'affaiblissement diaphonique total, ce qui peut se faire en augmentant la fréquence ou les déséquilibres capacitifs entre les conducteurs.

Mais l'atténuation croît avec la fréquence et les déséquilibres capacitifs augmentent d'autant plus que le câble est proche du sol, ce qui entraîne également une augmentation de l'atténuation par suite de la présence du mode parallèle.

PRAKTISCHE TOEPASSINGEN

Men zou kunnen denken dat de processus die de antiparallele voortplanting veroorzaakt deze ook doet verdwijnen.

In werkelijkheid ziet men dat daar, waar deze voortplantingswijze wordt opgewekt door een galvanische koppeling, de parallele manier praktisch niet tot stand komt, zelfs wanneer de lijn tegen de tunnelwand wordt gelegd.

Zo de intrinsieke diafonische verzwakking dezelfde waarde heeft als die van de omgekeerde transformatie, heeft de totale diafonische verzwakking in werkelijkheid een hogere waarde als gevolg van de hoge waarde van α_p (18). Uit de kleine waarde van α_a volgt eveneens een hoge waarde voor de diafonische afwijking.

Men zal dus geen belangrijke parallele stromen zien optreden wanneer de lijn uitsluitend volgens de antiparallele manier wordt opgewekt.

Doch de in de galerij opgestelde zender wekt hoofdzakelijk op volgens de parallele manier. Men heeft er dus belang bij het grootste gedeelte van de zich verspreidende golf om te zetten in een golf die volgens de antiparallele wijze geleid wordt.

Het is dus nodig dat de waarde van de totale diafonische verzwakking verminderd wordt; dit kan gebeuren door een verhoging van de frequentie of het capacitief onevenwicht tussen de geleiders.

Ainsi, ces conversions de mode n'apparaîtront que dans les situations les plus défavorables, situations que l'on cherche à éviter en général.

Il convient donc, d'une part, de provoquer artificiellement ces changements de modes, soit en augmentant la capacité d'un des conducteurs, soit en retardant d'une demi-période le courant dans un des conducteurs grâce à une ligne de retard et, d'autre part, d'éviter les changements de modes spontanés en travaillant à des fréquences suffisamment basses et en plaçant la ligne à quelques centimètres des parois, ce qui est compatible avec les conditions de faible atténuation.

Dès lors, on peut aisément imaginer une ligne rayonnant une faible partie de son énergie là où elle en véhicule beaucoup et une part plus importante là où elle véhicule une énergie fortement diminuée par suite de l'atténuation.

Il conviendrait donc que l'atténuation se fasse selon le mode antiparallèle là où l'énergie transportée est intense, et selon le mode parallèle là où l'énergie transportée est faible.

Le dispositif doit être symétrique et tenir compte du fait que l'émetteur excite le mode parallèle et que l'énergie transportée par la ligne est minimum à son extrémité. On peut envisager le dispositif de la figure 6. A est une ligne à retard qui déphase un des courants de 180°. Pour un émetteur placé en B, le mode est parallèle entre B et C, antiparallèle entre D et E et à nouveau parallèle entre F et G.

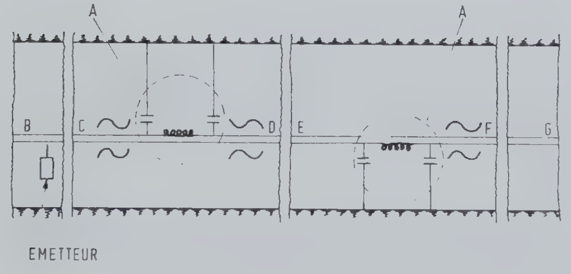


Fig. 6.

Ce type de montage n'est qu'un exemple bien imparfait de la façon d'utiliser les conversions de mode. Le système idéal serait celui-ci :

— convertir rapidement en mode antiparallèle l'onde venant de l'émetteur afin qu'elle ne perde pas son énergie dans les parois;

— dès que le rayonnement de ce mode devient insuffisant, convertir périodiquement une faible partie de l'énergie en mode parallèle de manière à assurer un rayonnement suffisant.

Ce système nécessite une parfaite maîtrise du phénomène. C'est pourquoi nous continuons la recherche sur la propagation des ondes électromagnétiques le long des lignes guides d'ondes et en particulier le long des lignes à deux conducteurs.

Maar de verzwakking neemt toe met de frequentie en het capacitief onevenwicht groeit naarmate de lijn dichter bij de vloer komt, hetgeen eveneens de verzwakking doet stijgen wegens de aanwezigheid van de parallele voortplantingswijze.

Daarom zullen deze omkeringen in de voortplanting slechts optreden in de minst gunstige gevallen, die men in het algemeen tracht te vermijden.

Men moet dus van de ene kant de omzetting kunstmatig in de hand werken, hetzij door een verhoging van de capaciteit van één der geleiders, hetzij door het vertragen over een halve periode van de stroom in één der geleiders met behulp van een vertragingslijn, en van de andere kant moet men spontane omzettingen voorkomen door te werken op voldoend lage frequenties en door de lijn op enkele centimeter van de wand te plaatsen, hetgeen verenigbaar is met de voorwaarde dat de verzwakking klein moet zijn.

Zodoende kan men zich gemakkelijk een lijn indenken die een klein gedeelte van haar energie uitstraalt daar waar ze er veel vervoert en een groter gedeelte daar waar de vervoerde energie door verzwakking sterk verminderd is.

Het hoort zo te zijn, dat de voortplanting op de antiparallele manier gebeurt daar waar een grote energie wordt vervoerd, en op de parallele manier daar waar de vervoerde energie klein is.

De apparatuur moet symmetrisch zijn en rekening houden met het feit dat de zender de parallele stromen opwekt en dat de door de lijn vervoerde energie minimum is aan het uiteinde. De opstelling van figuur 6 is één mogelijkheid. A is een vertragingslijn die de stroom defazeert over 180°. Voor een zender opgesteld in B heeft men de parallele voortplanting tussen B en C, de antiparallele tussen D en E en opnieuw de parallele tussen F en G.

Dit montagetype is slechts een zeer onvolmaakt voorbeeld van de manier waarop de omzettingen in de voortplantingswijze kunnen gebruikt worden. Het volgend systeem zou het ideale zijn :

— de golf komend van de zender snel omzetten in antiparallel, zodat ze haar energie niet verliest naar de wand;

— zohaast de uitstraling van deze stroom te zwak wordt, periodisch een kleine gedeelte van de energie omzetten in parallel om een voldoende uitstraling te behouden.

Dit systeem vereist dat men het verschijnsel volkomen meester is. Daarom zetten wij ons onderzoek over de voortplanting van de elektromagnetische golven over golfgeleiders en vooral tweeaderige lijnen voort.

BIBLIOGRAPHIE
BIBLIOGRAFIE

[1] R.A. FARMER, N.H. SHEPHERD. — Guided radio, the key to tunnel talking, *I.E.E.E. Transactions on Vehicular Communications,* March 1965.

N. MONK et H.S. WINBIGLER. — Communication with moving trains in tunnel. *Transactions of the I.R.E.* P.V.G.C 7. 1966, december p. 21-28.

NAKAMURA. — Train radio telephone system in tunnels on the New Tokaido line. *Japanese Railway Eng.* 1966, n° 1, March.

[2] KLEINWAECHTER et H. WEISS. — Ligne bifilaire à haute flexibilité et à grande diminution radiale du champ, pour la transmission des hyperfréquences. *L'onde électrique,* février 1952, p. 46-50, 6 fig.

[3] J.P. STERA et G.B. FELDMAN. — Transmission lines for short wave radio system. *Proc. I.R.E.,* Vol. 20, 1932, July. p. 1163.

[4] R. LIEGEOIS. — Télécommunications souterraines et télécommande par radio dans la mine. *INIEX Bulletin Technique « Mines et Carrières »* n° 117, 1968, octobre, 31 p. 36 fig.

Mesures de champ et d'atténuation en propagation libre et avec guide d'ondes

Metingen van de veldsterkte en de verzwakking in vrije voortplanting en met golfgeleider

R. DE KEYSER (*)

Dans les laboratoires de l'Iniex, les premières réalisations pratiques ont été obtenues à l'aide d'un mesureur de champ portable mis au point par la firme Dulec (**) et travaillant sur deux fréquences : 27 et 163 MHz. Nous avions suspendu 20 m de câble bifilaire twin (***) méplat dans le laboratoire. Un émetteur-récepteur portatif Téléchar émettait un signal en 27 MHz par un bout de câble coaxial servant d'antenne et dont l'extrémité libre se trouvait à 50 cm d'une des extrémités du twin méplat. On déplaçait le mesureur de champ portable le long de la ligne en effectuant des mesures de champ de 50 en 50 cm (fig. 1). La courbe joignant les points représente les variations du champ mesuré le long de la ligne bifilaire ouverte et la courbe joignant les croix est obtenue quand on court-circuite la ligne bifilaire. On observe les mêmes ventres et les mêmes nœuds de tension, ce qui signifie que tout se passe comme si on avait affaire à une propagation de type « monofilaire ».

Ces mesures ont été refaites plusieurs fois dans le tunnel de Lanaye. Ce tunnel est creusé dans le tuffeau de Maastricht sous 50 à 60 m de recouvrement, entre la vallée de la Meuse et la vallée du Geer à Lanaye. L'humidité y est de 98 % et la température varie entre 8 et 10°C.

On s'est servi d'un câble monofilaire Fauv de 100 m de longueur suspendu régulièrement dans

(*) Ingénieur Technicien en Electronique attaché à l'INIEX.

(*) Dulec, avenue E. Digneffe, 13, 4000 Liège.

(**) twin = côte à côte.

De eerste praktische resultaten werden in de laboratoriums van het NIEB bereikt met een door de firma Dulec (*) gebouwde draagbare veldmeter die werkt op twee frequenties : 27 en 163 MHz. Wij hadden 20 m tweeaderige platte twin (**) kabel opgehangen in het laboratorium. Een draagbare zender-ontvanger Telechar zond een signaal op 27 MHz uit langs een eind coaxiale kabel dat diende als antenne en zijn vrij uiteinde had op 50 cm van één der uiteinden van de platte twin. De veldmeter werd verplaatst langs de lijn en metingen werden om de 50 cm verricht (fig. 1). De kromme die doorheen de punten loopt stelt de verandering van veld voor die gemeten wordt langsheen de open tweeaderige lijn, terwijl de kromme die de kruisjes verbindt bekomen wordt door de tweeaderige lijn in kortsluiting te zetten. Men bemerkt dezelfde buiken en dezelfde knopen, wat betekent dat alles verloopt alsof men te doen had met een voortplanting van het « éénaderige » type.

Deze metingen werden verschillende keren herhaald in de tunnel van Lanaye. Deze tunnel is gegraven in de tufsteen van Maastricht onder een deklaag van 50 tot 60 m, tussen de Maasvallei en de Jekervallei te Lanaye. De vochtigheidsgraad bedraagt er 98 % en de temperatuur schommelt tussen 8 en 10°C.

Men heeft gebruik gemaakt van een éénaderige kabel Fauv van 100 m lengte, die op regelmatige

(*) Technisch Ingenieur in de Elektronika verbonden aan het NIEB.

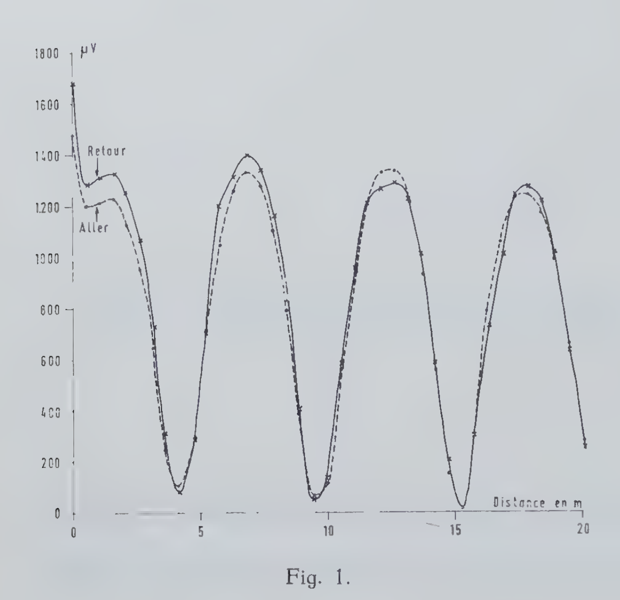


Fig. 1.

Mesure en laboratoire du champ le long d'une ligne bifilaire travaillant en mode monofilaire et excité en 27 MHz par une antenne aérienne.
Aller : ligne ouverte.
Retour : ligne fermée par courts-circuits d'extrémité.

Meting, in het laboratorium, van het veld langs een tweeaderige lijn die als eenaderige gebruikt wordt en met behulp van een luchtantenne opgewekt wordt op 27 MHz.
Heengaand : open lijn.
Terugkerend : lijn gesloten door kortsluiting aan de uiteinden..

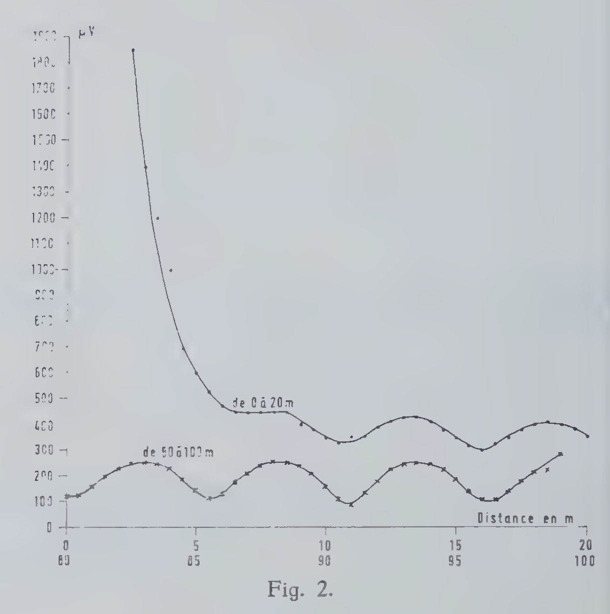


Fig. 2.

Mesure en tunnel du champ le long d'une ligne bifilaire suspendue à grande distance des parois.

Meting in een tunnel, van het veld, langs een tweeaderige lijn die op grote afstand van de wand is opgehangen.

l'axe de la galerie entre les cotes 920 et 820 (cotes mesurées à partir d'une origine choisie à quelque 30 m de l'entrée du tunnel). Les pertes dues au couplage sont assez élevées; on peut estimer qu'elles sont de l'ordre de 60 à 75 dB (fig. 2). La courbe joignant les points représente les mesures effectuées de 0 à 20 m (dans le tunnel entre 920 et 900) et la courbe joignant les croix est relative aux mesures prises entre 80 et 100 m (dans le tunnel entre 840 et 820). Ces mesures bien qu'effectuées avec soin manquent de précision parce que l'opérateur se déplace le long de la ligne avec le mesureur de champ portable.

On s'est souvent posé la question : « Comment éviter les ondes stationnaires sur une ligne de transmission ». Pour diminuer le taux d'ondes stationnaires, nous avons placé des résistances en bout de ligne. Le meilleur résultat a été obtenu avec une résistance de 300 ohms reliée à la terre. Cette méthode a pour inconvénient d'introduire une perte supplémentaire due à la résistance. Les deux courbes de la figure 3 donnent la valeur du champ le long d'un couple de câbles monofilaires Fauv, de 100 m de longueur guidant le rayonnement d'un Téléchar (27 MHz). Le bout de ligne était mis au sol par l'intermédiaire d'une résistance de 300 ohms.

Pour établir le diagramme de champ autour d'un câble monofilaire excité par l'antenne d'un Téléchar (27 MHz), on a utilisé un voltmètre Metrix et une sonde raccordée sur la fréquence du Téléchar. Dans un carré de 2 m x 2 m, nous

afstanden opgehangen was in de as van de galerij tussen de punten 920 en 820 m (punten gemeten uitgaande van een vertrekpunt gelegen op zowat 30 m van de ingang van de tunnel). De verliezen te wijten aan de koppeling zijn tamelijk hoog; men mag ze schatten op ongeveer 60 tot 75 dB (fig. 2). De kromme die de punten verbindt heeft betrekking op de metingen uitgevoerd van 0 tot 20 m (in de tunnel van 920 tot 900 m) en de kromme die de kruisjes verbindt heeft betrekking op de metingen uitgevoerd tussen 80 en 100 m (in de tunnel tussen 840 en 820 m). Alhoewel deze metingen zorgvuldig uitgevoerd werden, zijn ze onnauwkeurig omdat de operateur langs de lijn liep met de draagbare veldmeter.

Men heeft zich dikwijls afgevraagd hoe men de stationaire golven op een transmissielijn zou kunnen vermijden. Om het aandeel van de stationaire golven te verminderen hebben wij op het einde van de lijn weerstanden geplaatst. Het beste resultaat werd bekomen met een met de aarde verbonden weerstand van 300 ohm. Het nadeel van deze methode is dat een bijkomend verlies wordt geleden wegens deze weerstand. De twee krommen van figuur 3 geven de veldwaarde langs een paar éénaderige kabels Fauv met een lengte van 100 m die de stralingen van een Telechar (27 MHz) geleiden. Het einde van de lijn was met de grond verbonden door middel van een weerstand van 300 ohm.

Om het velddiagram op te maken, dat rondom een éénaderige kabel wordt opgewekt door de antenne van een Telechar (27 MHz) gebruikt men een voltmeter Metrix en een op de frequentie van de Telechar aangesloten peilapparaat. Wij hebben de veldsterkte gemeten om de 20 cm in

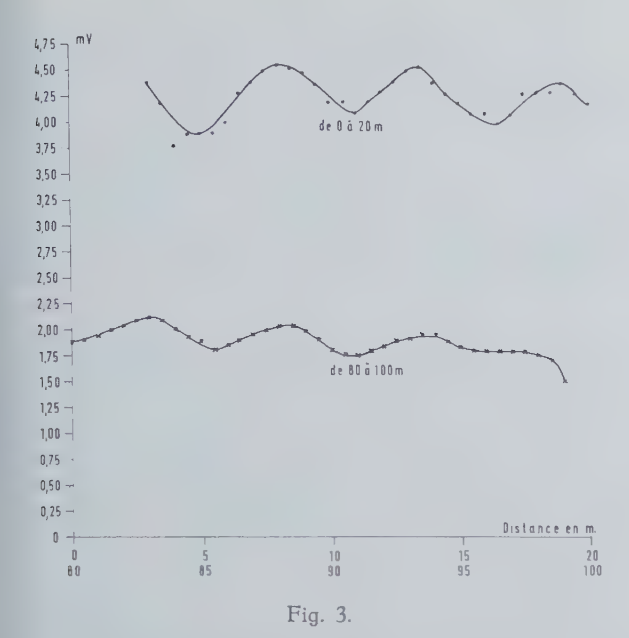
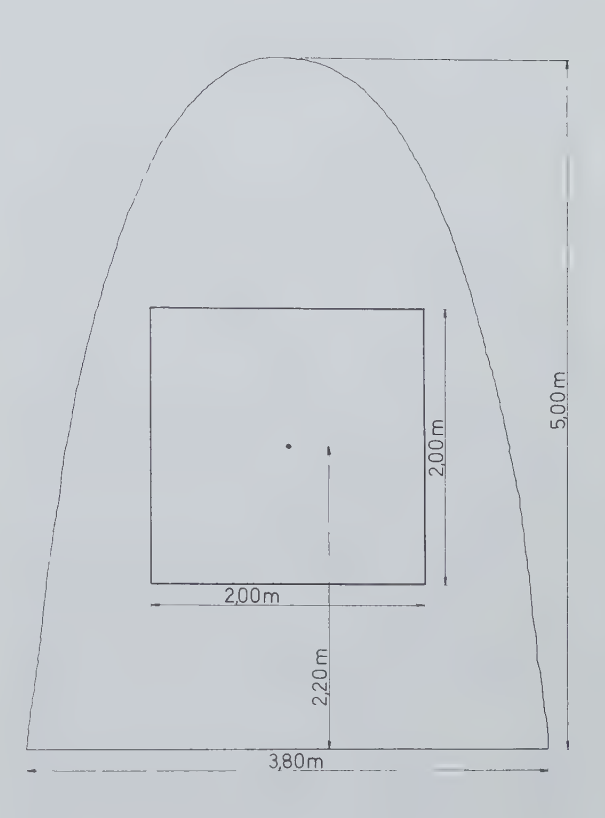


Fig. 3.

Essai d'amortissement des ondes stationnaires par la fermeture de la ligne sur son impédance caractéristique. L'adaptation n'est pas parfaite et on observe une réflexion en bout de ligne.

Proef over het dempen van de stationaire golven door het sluiten van de lijn over een karakteristieke impedantie. De aanpassing laat te wensen over en men krijgt een terugkaatsing op het einde van de lijn.



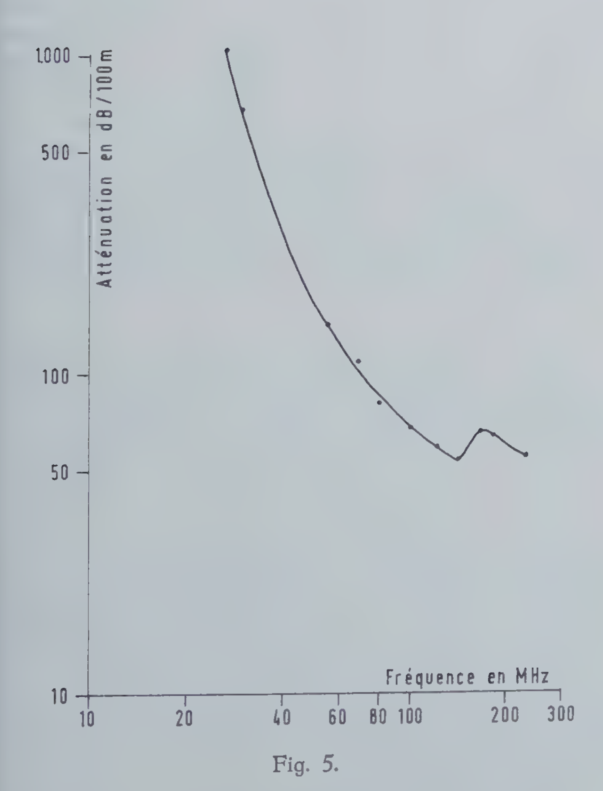


Fig. 5.

Propagation libre dans le tunnel de Lanaye (tuffeau sans soutènement).

Vrije voortplanting in de tunnel van Lanaye (onbeklede tufsteen).

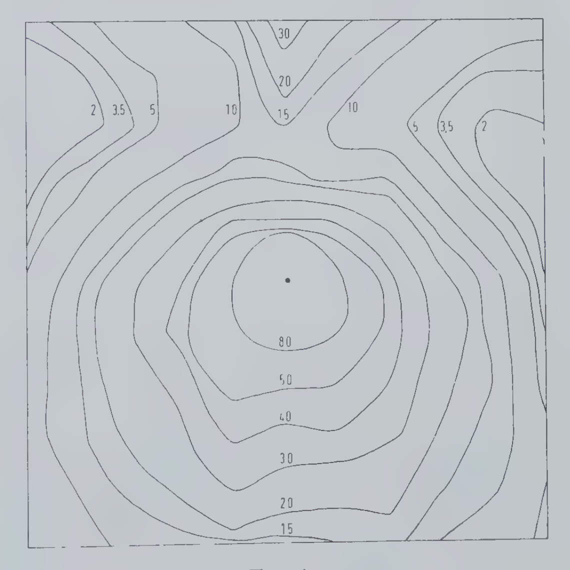


Fig. 4.

Diagramme du champ électromagnétique dans une section transversale du tunnel de Lanaye.

Diagram van het elektromagnetisch veld in een dwarsdoorsnede van de tunnel van Lanaye.

avons noté la valeur du champ tous les 20 cm. Les mesures sont influencées par l'opérateur ce qui cause certaines difficultés. On peut cependant tirer certaines conclusions : La répartition du champ est presque symétrique par rapport à un axe vertical; elle est totalement dissymétrique par rapport à un axe horizontal; on peut y voir les effets associés : 1) du câble guide d'ondes; 2) de la forme de la galerie (fig. 4).

Les premières mesures avec le générateur de fréquences Hewlett-Packard 608 E ont été réalisées à Lanaye en propagation libre; à cette occasion, la firme Dulec a équipé notre mesureur de champ portable de plusieurs fréquences, à savoir 27; 55; 68,5; 100; 120; 140; 163; 180 et 230 MHz. Les mesures ont été faites dans un tunnel à roche nue avec le matériel suivant : un générateur 608 E de Hewlett-Packard, un convertisseur, deux batteries de 12 V, 108 Ah et le mesureur de champ portable. La courbe de la figure 5 semble indiquer qu'il y ait une fréquence favorisée voisine de 160 MHz entre les cotes 900 et 800. La figure 6 montre la courbe entre 120 et 220 m. Pour la figure 5 les résultats étaient notés pour le milieu de la galerie tandis que pour la figure 6 les mesures ont été effectuées à 50 cm de la paroi pour ne plus avoir une vue directe de l'antenne d'émission qui est installée à la cote 120.

Des mesures similaires ont été faites dans le tunnel de Crachet pour la section la plus grande et pour les 300 premiers mètres. Ce tunnel présente une longueur rectiligne d'environ 1200 m avec une section circulaire en maçonnerie, depuis l'orifice où la couverture est d'environ 17 m de roche calcaire jusqu'à une bifurcation où la couverture est d'environ 40 m de terrain houiller. Ce

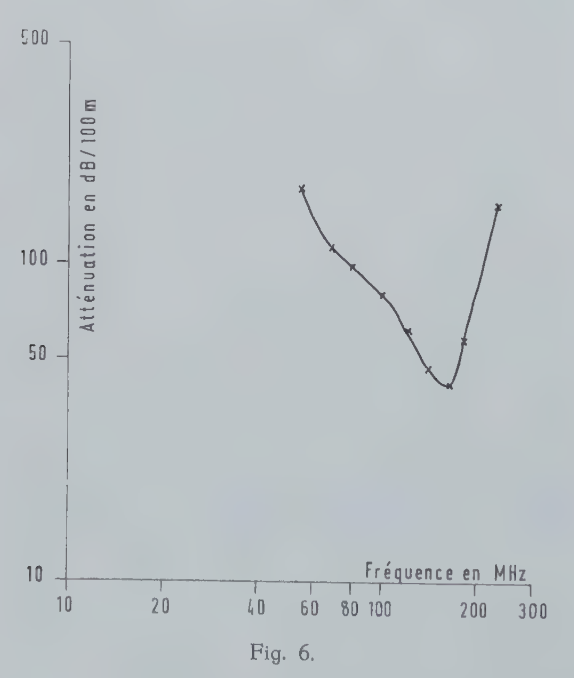


Fig. 6.

Propagation libre dans le tunnel de Lanaye.
Vrije voortplanting in de tunnel van Lanaye.

een vierkant van 2 × 2 m. De metingen worden beïnvloed door de operateur, wat bepaalde moeilijkheden oplevert. Toch kunnen bepaalde besluiten getrokken worden : de verdeling van het veld is bijna symmetrisch ten opzichte van een vertikale as; ze is volkomen assymmetrisch ten opzichte van een horizontale as; men kan er de samengekoppelde invloeden aantreffen : 1) van de golfgeleidende kabel; 2) van de vorm van de galerij (fig. 4).

De eerste metingen met de frequentiegenerator Hewlett-Packard 608 E werden uitgevoerd te Lanaye in vrije voortplanting; voor deze gelegenheid heeft de firma Dulec onze draagbare veldmeter voorzien van verschillende frequenties, namelijk 27, 55, 68,5, 100, 120, 140, 163, 180 en 230 MHz. De metingen werden uitgevoerd in een onbeklede tunnel met het volgende materieel : een generator Hewlett-Packard 608 E, een stroomwisselaar, twee batterijen van 12 V, 108 Au, en de draagbare veldmeter. De kromme van figuur 5 schijnt erop te wijzen dat er een bevoordeelde frequentie is nabij 160 MHz tussen de punten 900 en 800 m. Figuur 6 toont de kromme tussen 120 en 220 m. Voor figuur 5 werden de resultaten opgenomen in het midden van de galerij, voor figuur 6 gebeurde dit op 50 cm van de wand, zodat men niet langer in het vizier lag van de zendantenne die geïnstalleerd was in punt 120.

Soortgelijke metingen werden uitgevoerd in de tunnel van Crachet in de grootste sectie en in de eerste 300 m. Deze tunnel bevat een rechtlijnig stuk van ongeveer 1.200 m met een cirkelvormige gemetselde sectie van de ingang waar de deklaag ongeveer 17 m dik is en uit kalksteen bestaat, tot aan een vertakking waar de deklaag uit ongeveer 40 m kolengesteente bestaat. Dit gedeelte van de tunnel is volledig leeggemaakt daar waar de proeven gebeuren, met uitzondering van een niet gebruikte spoorlijn waarvan mag aangenomen worden dat ze degelijk met de bodem van de galerij verbonden is.

Er worden dezelfde toestellen gebruikt als te Lanaye en bovendien een versterker Hewlett-Packard. De meest voordelige frequentie bedraagt ongeveer 70 MHz en is dus niet dezelfde als te Lanaye. Ook de verliezen liggen hoger (fig. 7).

Om de verzwakking te kennen van een tweeaderige kabel van 300 ohm impedantie, galvanisch opgewekt, hebben wij impedantietransformatoren gebruikt. Deze uitrusting bestond uit het volgende : een voltmeter Heterodyne 2006 van Bruel & Kjoer, die als veldmeter dienst deed, een impedantietransformator 75 ohm-300 ohm, 400 m platte tweeaderige twin kabel, een impedantietransformator 300 ohm-75 ohm, een generator 608 Hewlett-Packard.

De generator 608 E werd geplaatst in punt 600 en de verschillende metingen gebeurden in 700, 800, 500 en 400 m.

tronçon est démuni de tout armement dans la partie où les essais ont lieu à l'exception d'une voie de chemin de fer hors service que l'on peut considérer comme étant en bon contact avec la sole de la galerie.

Les appareils utilisés ici sont les mêmes qu'à Lanaye plus un amplificateur Hewlett-Packard. La fréquence favorisée est d'environ 70 MHz et n'est donc pas la même qu'à Lanaye. Les pertes sont aussi plus élevées (fig. 7).

Pour connaître l'atténuation d'un câble bifilaire de 300 ohms d'impédance excité galvaniquement, on a utilisé des transformateurs d'impédance. L'équipement comportait : un voltmètre Hétérodyne 2000 de Bruel et Kjoer, qui servait de mesureur de champ, un transformateur d'impédance, 75 ohms-300 ohms, 400 m de câble bifilaire twin méplat, un transformateur d'impédance, 300 ohms-75 ohms, un générateur 608 E Hewlett-Packard.

Le générateur 608 E a été placé à la cote 600 et les différentes mesures ont été faites à 700, 800, 500 et 400 m.

Les mesures ont été faites deux fois: la première fois, le câble était suspendu entre les cotes 800 et 400 et la deuxième fois, le câble légèrement torsadé était posé à même la sole de la galerie. Il faut noter que le tunnel de Lanaye est fort humide entre 500 et 400 m. L'humidité de l'air ambiant est de 98 % à l'hygromètre. La teneur en eau du tuffeau est :

— à 660 m : 25,7 %
— à 720 m : 24,2 %
— à 800 m : 21,5 %
— à 900 m : 15,5 %

Entre les cotes 600 et 800, on a mesuré des atténuations différentes. La première coupe de 100 m est suspendue entre les cotes 600 et 700 et donne une atténuation assez grande, tandis que pour la deuxième coupe, suspendue entre les cotes 700 et 800, l'atténuation est beaucoup plus petite (fig. 8a).

Les différentes coupes du twin méplat viennent de la même usine, mais montrent une atténuation différente. La même explication est aussi valable pour les figures 8b, 8c, et 8d relatives à d'autres tronçons du même tunnel.

Pour être certain que les câbles ont une atténuation différente, selon le lot testé, on a recommencé les mêmes mesures avec trois bobines de câble neuf. Sur la figure 8e, la courbe 1 montre l'atténuation entre les cotes 800 et 700; la courbe 2, l'atténuation entre 700 et 600 et la courbe 3, l'atténuation entre 600 et 500. L'atténuation de la bobine 3 est à peu près égale à celle de la bobine 1 et celle de la bobine 2 est nettement plus faible. La courbe 4 nous montre l'atténuation totale pour les 300 m en série.

A la figure 8f, on a représenté les mesures

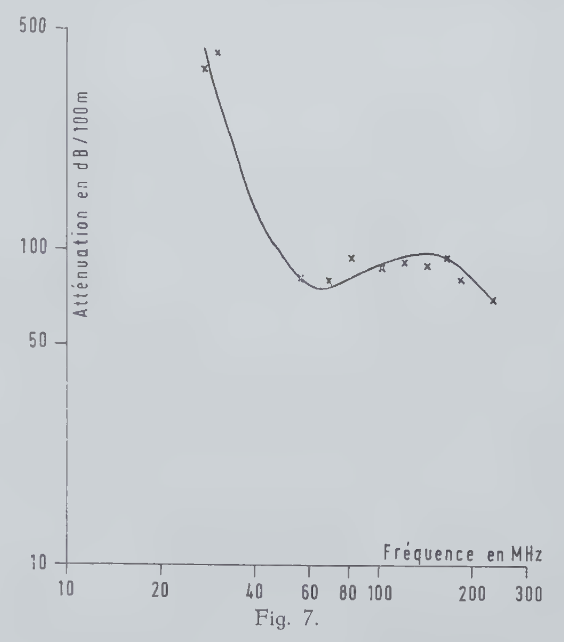


Fig. 7.

Propagation libre dans le tunnel de Crachet (terrain houiller et soutènement par claveaux de béton).

Vrije voortplanting in de tunnel van Crachet (kolengesteente en ondersteuning in betonblokken).

De metingen werden twee keer uitgevoerd : de eerste keer hing de kabel tussen de punten 800 en 400 en de tweede keer lag hij licht verwrongen op de bodem van de galerij. Men mag niet vergeten dat de tunnel van Lanaye zeer vochtig is tussen 500 en 400 m. De vochtigheidsgraad van de omringende lucht bedraagt 98 % op de hygrometer. De tufsteen bevat volgende hoeveelheden water :

— op 660 m : 25,7 %
— op 720 m : 24,2 %
— op 800 m : 21,5 %
— op 900 m : 15,5 %.

Tussen de punten 600 en 800 m heeft men verschillende verzwakkingen genoteerd. Het eerste stuk van 100 m is opgehangen tussen de punten 600 en 700 m en geeft een tamelijk grote verzwakking, terwijl deze verzwakking voor het tweede stuk, opgehangen tussen de punten 700 en 800 m, veel kleiner is (fig. 8).

De verschillende stukken van de platte twin kabel komen van dezelfde fabriek, maar leveren een verschillende verzwakking op. Dezelfde uitleg gaat ook op voor de figuren 8b, 8c en 8d die betrekking hebben op andere delen van de tunnel.

Om er zeker van te zijn dat de kabels een andere verzwakking hebben volgens het geteste lot heeft men dezelfde metingen nog eens over gedaan met drie spoelen nieuwe kabel. Op fig. 8e ziet men in kromme 1 de verzwakking tussen de punten 800 en 700; in kromme 2 de verzwakking tussen de punten 700 en 600; in kromme 3 de verzwakking tussen de punten 600 en 500. De verzwakking van de spoel 3 is ongeveer dezelfde als die van de spoel 1 en die van de spoel 2 is veel kleiner. De kromme

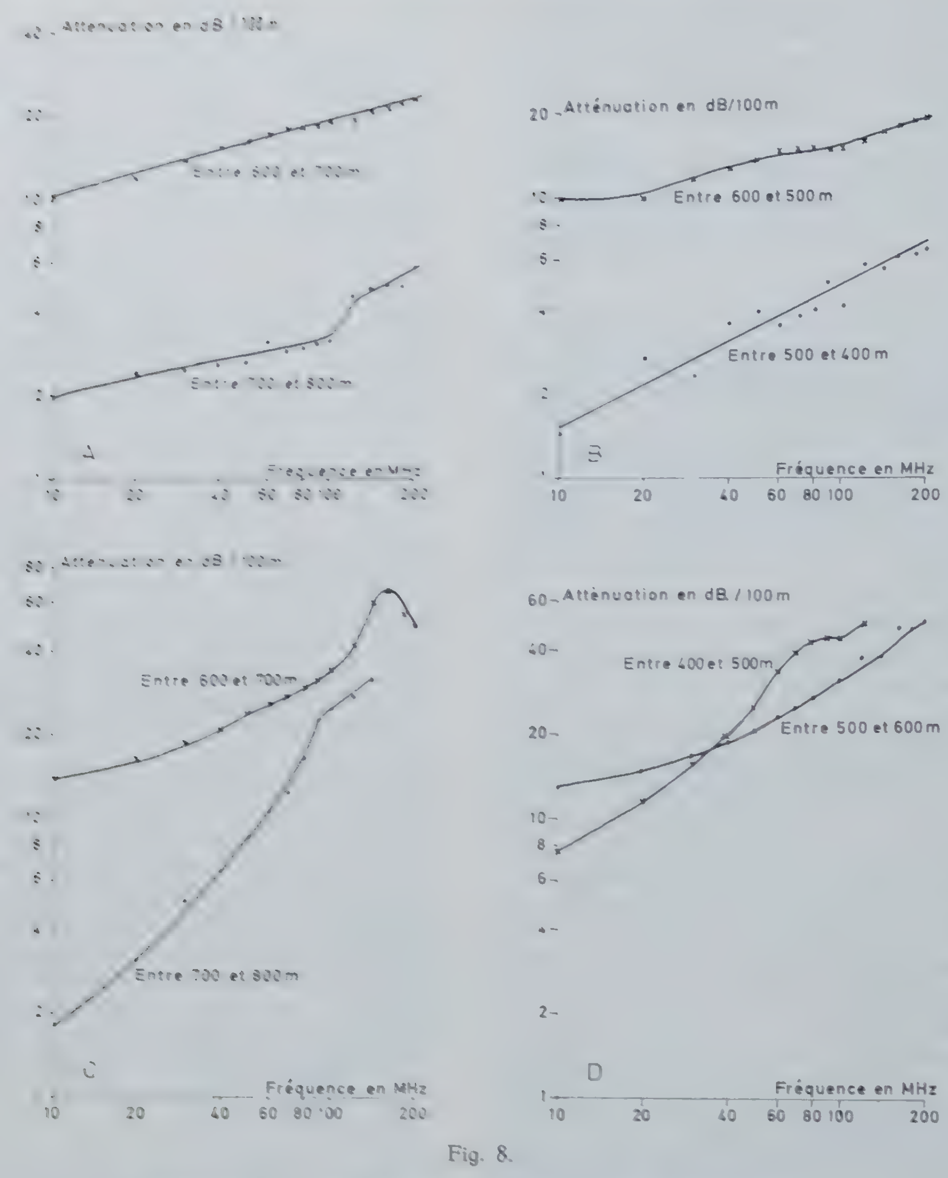


Fig. 8.

Atténuation le long d'un câble bifilaire excité galvaniquement.
A et B : 400 m de câble suspendu.
C et D : 400 m de câble torsadé au sol.

Verzwakking langs een galvanisch opgewekte tweeaderige kabel.
A en B : 400 m opgehangen kabel.
C en D : 400 m verwrongen kabel op de grond.

d'atténuation pour les trois coupes de câble lorsqu'elles sont placées successivement dans le même tronçon de galerie entre les cotes 800 et 700 et les atténuations relevées (courbes 1, 2, 3) sont à peu près les mêmes que sur la figure 8e. On peut en déduire que la galerie n'a pratiquement pas d'influence sur l'atténuation.

Une chose est à remarquer : un câble qui a traîné dans l'eau et qui de ce fait est humide et fort sale montre une atténuation nettement supérieure : c'est le cas pour le câble ayant fourni la courbe 2'; après le nettoyage, on a trouvé la courbe 2.

Quand le câble est posé torsadé sur le sol (une

4 geeft de volledige verzwakking voor de 300 m in serie.

In fig. 8f geeft men de metingen van de verzwakking voor de drie stukken kabel die achtereenvolgens in hetzelfde stuk galerij tussen de punten 800 en 700 geplaatst worden; de opgemeten verzwakkingen (krommen 1, 2, 3) zijn ongeveer dezelfde als op figuur 8e. Men kan daaruit besluiten dat de galerij nagenoeg geen invloed heeft op de verzwakking.

Eén punt valt op : een kabel die door het water gesleept werd en daardoor vochtig is en sterk aangeladen met zout, geeft een veel hogere verzwakking; dat is het geval voor de kabel van de

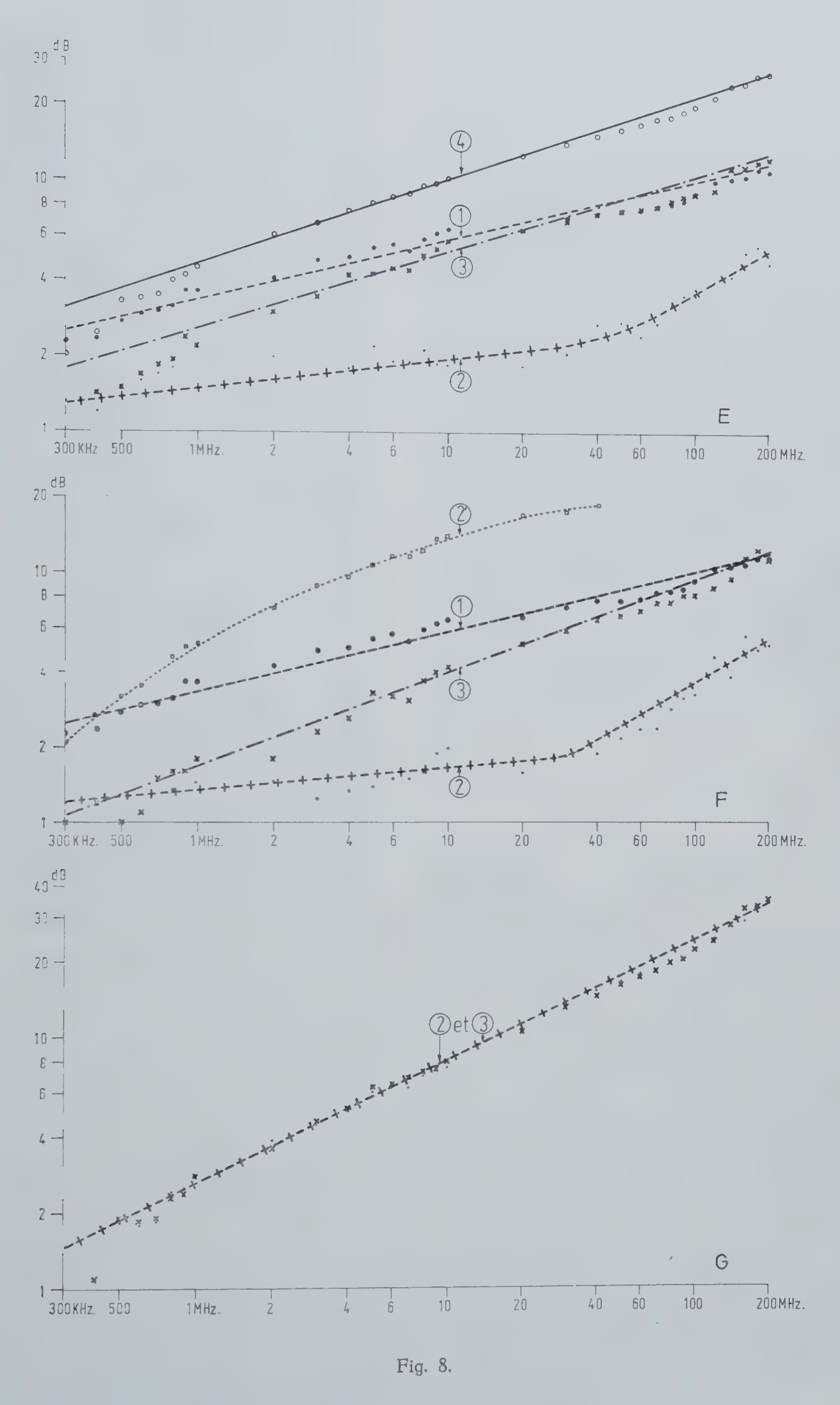


Fig. 8.

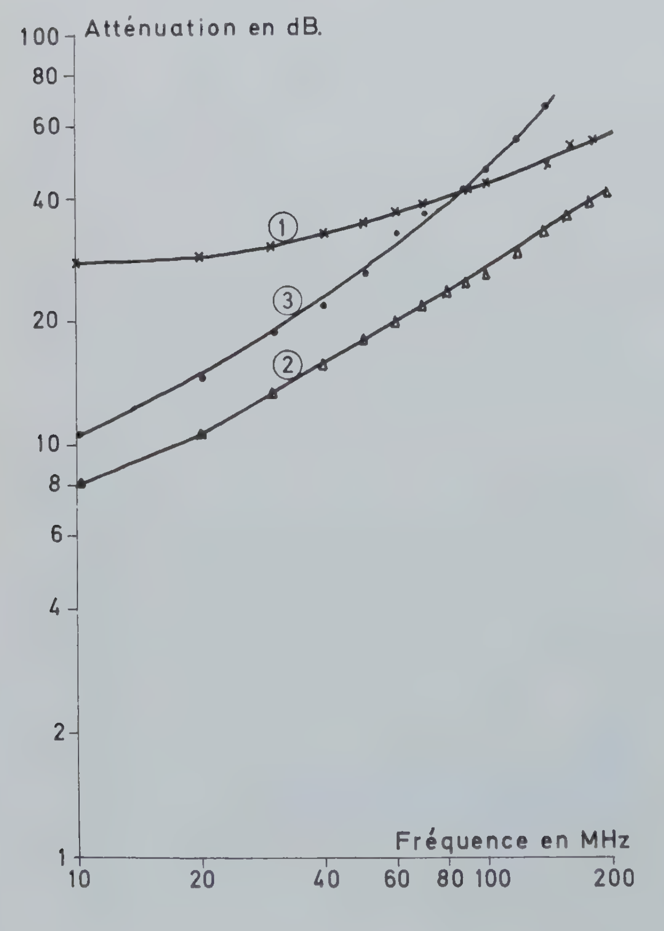
E et F : coupe de 100 m de câble suspendu.
G : câble torsadé au sol.

E en F : stuk opgehangen kabel van 100 m.
G : verwrongen kabel op de grond.

torsade tous les 20 cm), l'atténuation augmente plus rapidement avec la fréquence que lorsque le câble est suspendu. C'est ce que montrent les courbes 2 et 3 de la figure 8g obtenues pour deux coupes de câble qui se caractérisent par des courbes d'atténuation différentes lorsqu'elles sont suspendues.

Au siège Colard de la S.A. Cockerill-Ougrée-Providence des mesures du même genre ont été effectuées avec un mesureur de champ Bruel et Kjoer 2006, un générateur de fréquences Hewlett-Packard 608 E et deux transformateurs d'impédance. La station de base se trouvait à l'entrée de la salle des locomotives de l'étage de 1000 mètres. Un câble bifilaire avait été installé dans le puits ainsi que sur une longueur d'environ 800 m à partir du puits, dans l'axe de la bacnure principale à environ 30 cm de la couronne. D'autres câbles ont été suspendus dans un plan incliné relié à la bacnure principale et conduisant à un chantier d'abattage par longue taille de 120 m de longueur.

Toutes les mesures avaient pour but de connaître l'atténuation dans les différentes sections d'un charbonnage (fig. 9). La courbe (1) donne l'atténuation pour 700 m en galerie (bouveau). A 10 MHz, l'atténuation est d'environ 4 dB/100 m. Elle croît lentement avec la fréquence. La courbe (2) donne l'atténuation pour 450 m dans la même galerie + 70 m dans un plan incliné descendant à 13°, puis montant à 5° + 70 m en voie



kromme 2'; nadat hij schoongemaakt was leverde hij de kromme 2 op.

Wanneer de kabel gewrongen op de grond ligt (één wringing per 20 cm) stijgt de verzwakking sneller met de frequentie dan wanneer hij opgehangen is. Dat blijkt uit de krommen 2 en 3 van de figuur 8 g die bekomen werden met twee stukken kabel die gekenmerkt worden door verschillende verzwakkingskrommen wanneer ze opgehangen zijn.

In de zetel Colard van de N.V. Cockerill-Ougrée-Providence werden soortgelijke metingen uitgevoerd met een veldmeter Bruel & Kjoer 2006, een frequentiegenerator Hewlett-Packard 608 E en twee impedantietransformatoren. Het basisstation was gevestigd aan de ingang van de locomotievenloods op de verdieping van 1000 m. Een tweeaderige kabel hing in de schacht, alsook over een lengte van zowat 800 m van de schacht af, in de hoofdsteengang, zowat 30 cm van de kroon. Andere kabels werden opgehangen in een hellend vlak dat op de hoofdsteengang aangesloten was en toegang gaf tot een winplaats met een lange pijler van 120 m.

Het doel van al deze metingen was de verzwakking te kennen in de verschillende onderafdelingen van een kolenmijn (fig. 9). De kromme (1) geeft de verzwakking voor 700 m galerij (steengang). Bij 10 MHz is de verzwakking ongeveer 4 dB/100 m. Ze stijgt langzaam met de frequentie. De kromme (2) geeft de verzwakking voor 450 m in dezelfde galerij + 70 m in een hellend vlak dat afdaalt met 13° en vervolgens stijgt met 5°, waarop 70 m voetgalerij volgt, dit is in totaal 600 m waarvan 140 m in gangen met een kleinere sectie en een grotere belemmering dan in de steengang.

Fig. 9.

Atténuation du champ électromagnétique le long d'un câble bifilaire placé dans la mine (siège Colard à Seraing de la S.A. Cockerill-Ougrée-Providence).

Verzwakking van het elektromagnetisch veld langs een tweeaderige kabel in de mijn (zetel Colard van de N.V. Cockerill-Ougrée-Providence).

de pied de taille, soit au total environ 600 m dont 140 m dans des voies de plus petite section et plus encombrées que dans le bouveau. A 10 MHz, l'atténuation est d'environ 1,5 dB/100 m. Elle croît plus vite avec la fréquence que dans le bouveau mais elle est toujours *inférieure* à l'atténuation en bouveau aux fréquences investiguées. Le mode « bifilaire » de propagation intervient probablement plus largement dans les voies de petite section où le câble bifilaire est placé plus près des parois : on constate une amélioration de la propagation et non une dégradation. La courbe (3) donne l'atténuation pour un réseau formé du réseau (2) + 100 m de taille, soit environ 700 m. L'atténuation est plus élevée qu'en (2) et croît encore un peu plus vite avec la fréquence. Toutefois, elle reste inférieure à l'atténuation spécifique du réseau (1) (bouveau) pour les fréquences inférieures à 80 MHz.

Pour la mesure de l'atténuation sur un câble monofilaire, on a placé le générateur 608 E à la salle des locomotives et on s'est déplacé le long de la ligne pendue dans la bacnure. L'atténuation est plus grande en monofilaire qu'en bifilaire; les différences entre 10 et 100 MHz ne sont pas énormes, mais, dès que l'on dépasse 100 MHz, l'atténuation en monofilaire augmente fortement (fig. 10).

Bij 10 MHz is de verzwakking ongeveer 1,5 dB/100 m. Ze stijgt vlugger met de frequentie dan in de steengang, maar ze blijft altijd *lager* dan de verzwakking in de steengang, bij de behandelde frequenties. De « tweeaderige » manier van voortplanten komt waarschijnlijk op grotere schaal tussen in gangen met kleinere sectie, waar de tweeaderige kabel dichter bij de wanden opgehangen is : men stelt vast dat de voortplanting verbeterd wordt en niet verslechterd. De kromme (3) geeft de verzwakking voor een net dat bestaat uit het net (2) + 100 m pijler, hetzij ongeveer 700 m. De verzwakking ligt hoger dan in (2) en stijgt nog een weinig sneller met toenemende frequentie. Toch blijft ze lager dan de specifieke verzwakking van het net (1) (steengang) voor frequenties onder de 80 MHz.

Om de verzwakking over een éénaderige kabel te meten heeft men de generator 608 E geplaatst in de locomotievenloods en heeft men zich verplaatst langs de in de steengang opgehangen lijn. De verzwakking is groter met éénaderige dan met tweeaderige kabel; tussen 10 en 100 MHz is het verschil niet zeer groot, maar éénmaal dat men 100 MHz voorbij is stijgt de verzwakking in éénaderige uitrusting zeer vlug (fig. 10).

Men heeft een verbinding kunnen tot stand

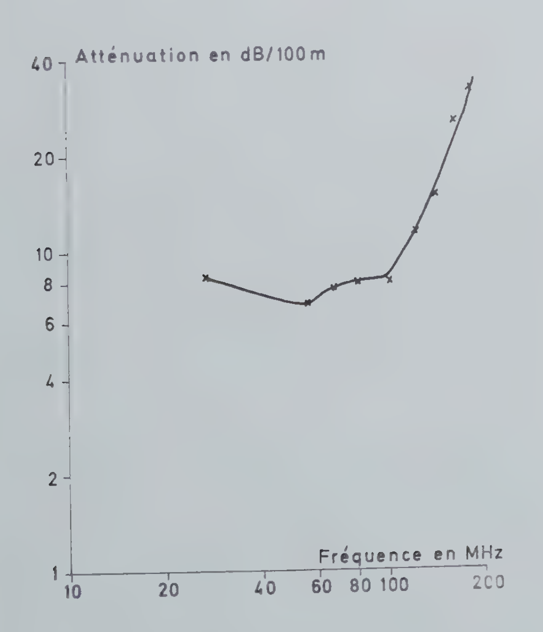


Fig. 10.

Atténuation le long d'un câble monofilaire dans une galerie de charbonnage.

Verzwakking langs een éénaderige kabel in een mijngalerij.

On a pu communiquer entre la surface et un point situé à 400 m de l'envoyage dans la bacnure, soit sur une distance totale de 1400 m. Si les deux antennes se trouvent contre le câble bifilaire à proximité d'un ventre de tension, la distance maximale est portée à 1500 m.

Dans la bacnure longue au total de 900 m, on a une communication parfaite quel que soit l'emplacement des opérateurs et notamment lorsqu'ils circulent sur les locomotives.

brengen tussen de bovengrond en een punt gelegen 400 m van de laadplaats in de steengang, dit is over een totale afstand van 1.400 m. Met beide antennes tegen de tweeaderige kabel in de nabijheid van een spanningsbuik, wordt de maximale afstand gebracht op 1.500 m.

In de 900 m lange steengang kon een allerbeste verbinding tot stand gebracht worden voor eender welke opstelling van de operateurs, ook wanneer ze op de locomotieven meerijden.

On obtient aussi une communication entre le puits et 100 m en taille à condition que les deux antennes des postes mobiles se trouvent contre le câble et à un ventre de tension.

Dans la taille *non* équipée de guide d'onde, on obtenait une communication entre deux postes mobiles Saitfone situés respectivement en pied et en tête de taille, à condition que les deux antennes soient dirigées vers le câble électrique posé sur les haussettes du convoyeur blindé.

Men kan ook een verbinding krijgen tussen de schacht en een punt gelegen 100 m in de pijler op voorwaarde dat beide antennes zich tegen de kabel en in een spanningsbuik bevinden.

In de pijler *zonder* golfgeleider, kreeg men verbinding tussen twee mobiele posten Saitfone die respectievelijk aan de kop en aan de voet van de pijler geïnstalleerd waren, op voorwaarde dat beide antennes op de elektrische kabel gericht waren die op de opzetplaten van de pantsertransporteur bevestigd is.

Projet de télécommande d'un treuil de mine par ondes radioguidées au Charbonnage de Winterslag (K.S.)

Ontwerp voor afstandsbediening van een ondergrondse sleeplier bij middel van radiogolven Steenkolenmijn Winterslag (K.S.)

O. de CROMBRUGGHE (*)

1. POSITION DU PROBLEME

On désire améliorer la sécurité de marche d'une installation de transport par traînage horizontal de rames de 30 berlines de 2.000 litres dans une galerie droite de 1.000 m de longueur (bouveau en claveaux). Les rames circulent dans les deux sens et les berlines sont soit vides, soit lestées de pierres, soit chargées de matériel.

Les berlines sont accrochées à un câble sans fin entraîné par une poulie parabolique ou un tambour à 4 rainures. La vitesse du câble est de 1 m/s. L'effort normal est de 1.600 ou de 3.000 kg selon qu'il s'agit d'un treuil Düsterloh de 35 cv ou d'un treuil Pikrose de 70 cv.

Un embrayage planétaire relie le treuil au moteur électrique d'entraînement. Le treuil est équipé d'un frein. Le changement de sens de marche des rames est obtenu par l'inversion du sens de rotation du moteur électrique (2 contacteurs).

La commande du treuil est confiée à un préposé qui reçoit les signaux d'un manœuvre accompagnant la rame dans la galerie. Les signaux, trans-

(*) Ingénieur en Chef. Service Etudes. Charbonnage de Winterslag. Professeur d'Exploitation des Mines, Université Catholique de Louvain.

1. PROBLEEMSTELLING

Men wenst de bedrijfszekerheid te verbeteren van een horizontale sleepinstallatie die een 1000 m lange rechtlijnige steengang bedient. De treinen rijden in beide richtingen en bestaan uit 30 lege, ofwel met materieel of stenen geladen, wagens van 2.000 l.

De wagens worden gesleept door een kabel zonder einde, die door een parabolische schijf of een trommel met vier gleuven aangedreven wordt. De kabelsnelheid is 1 m/s., de normale trekkracht bedraagt 1.600 of 3.000 kg, naargelang een 35 pk - Düsterloh, of een 70 pk - Pikrose lier gebruikt wordt.

De lier wordt door een elektrische motor over een planetaire koppeling aangedreven en is van een rem voorzien. De verandering van rijrichting wordt bekomen door omkering van de draairichting van de elektrische motor (2 contactoren).

De bedienaar van de lier ontvangt seinen van de treinbegeleider die zich langs de galerij verplaatst. Deze seinen worden bij middel van een

(*) Hoofdingenieur Studiedienst Kolenmijn Winterslag, Professor voor Mijnbouw aan de Katholieke Universiteit te Leuven.

mis par l'intermédiaire d'un câble de sonnette, sont souvent peu clairs. Plusieurs recarrages sont en activité dans la galerie et il n'est pas rare que des chutes de pierres en ces endroits provoquent des signaux aberrants. La circulation du manœuvre dans la galerie est parfois difficile en raison des rétrécissements dus aux mouvements des terrains, de sorte qu'il ne peut pas toujours saisir rapidement le câble de sonnette. De toute façon, le temps mis à transmettre les signaux et à les répéter par mesure de sécurité est du temps perdu pour le transport proprement dit.

Dans une première phase de la recherche, on voudrait supprimer le câble de sonnette : le manœuvre accompagnant la rame commanderait par radio une signalisation optique (lampes). On espère de cette façon accélérer la transmission des ordres et éliminer les erreurs. On se limite volontairement à la transmission des signaux pour se donner le temps de contrôler la sûreté du nouveau système.

Dans la seconde phase, le treuil lui-même serait commandé à distance par le manœuvre disposant d'un émetteur à boutons de commande. En cas de besoin (incident, manœuvre spéciale), le machiniste d'un treuil voisin pourrait être appelé par l'appel sonore d'une trompe électrique.

belkabel doorgegeven en zijn dikwijls weinig duidelijk. De galerij wordt op verschillende plaatsen nagebroken en het gebeurt niet zelden dat steenvallen valse seinen veroorzaken. Tengevolge van de terreindruk wordt de begeleider, tijdens zijn verplaatsing, dikwijls door de vernauwing van de galerijdoorsnede gehinderd, zodat hij de belkabel niet snel genoeg vastgrijpen kan. De tijd, nodig om de seinen door te geven en veiligheidshalve te herhalen, is voor het eigenlijk vervoer alleszins verloren.

In een eerste fase van het onderzoek wil men vooreerst de belkabel afschaffen : de begeleider zou over een radioverbinding optische seinen (lampenkast) naar de lierbedienaar doorsturen. Langs die weg hoopt men de seinen sneller over te brengen en missingen te vermijden. Opzettelijk beperkt men zich in deze fase tot het overbrengen van seinen, zodat de bedrijfsveiligheid van het nieuw systeem getoetst kan worden.

In een tweede fase zou de lier zelf door de treinbegeleider, bij middel van een radiozender met knoppen, op afstand bediend worden. In geval van nood (speciaal maneuver, onvoorziene gevallen) zou de machinist van een verder gelegen lier bij middel van een hoornsein opgeroepen kunnen worden.

2. MANŒUVRES A REALISER

Pour mettre la rame en mouvement :

Choix du sens de marche.
Lancement du moteur.
Ouverture du frein.
Embrayage progressif du planétaire.

Pour arrêter la rame :

Débrayage.
Freinage de la rame.

Avant d'inverser le sens de marche :

Coupure du courant.

Arrêt complet du moteur (soit par frottement interne, ce qui demande ± 60 s., soit en fermant simultanément frein et embrayage : 2 à 3 s.).

Verrouillages nécessaires :

Verrouillage entre les deux sens de rotation du moteur.

Le moteur ne peut être mis sous tension avant arrêt complet.

Le moteur ne peut démarrer sur l'embrayage fermé.

Séquence des opérations :

Pour simplifier les verrouillages et éviter les erreurs de commande, on a adopté la séquence d'opérations suivante :

2. BEDIENINGSPROGRAMMA

Om de trein in beweging te brengen :

Keuze van de rijrichting.
Motor starten.
Rem lossen.
Planetaire koppeling geleidelijk inschakelen.

Om de trein te doen stoppen :

Ontkoppelen.
Trein afremmen.

Alvorens de rijrichting om te keren :

Stroom afzetten.

Motor laten uitlopen (door eigen wrijving : ± 60 s., ofwel door gelijktijdig rem op te leggen en koppeling vast te zetten : 2 tot 3 s.).

Noodzakelijke vergrendelingen :

Vergrendeling tussen beide draairichtingen van de motor.

De motor mag niet onder spanning gezet worden voor dat hij volkomen stil staat.

De motor mag niet starten wanneer de koppeling gesloten is.

Bedieningsvolgorde :

Om de vergrendelingen te vereenvoudigen en bedieningsfouten te voorkomen werd de volgende sequentie aangenomen :

Position 0 : courant coupé, frein et embrayage fermés.

Position + 1 : marche avant, embrayage ouvert, frein fermé.

Position + 2 : marche avant, embrayage ouvert, frein ouvert.

Position + 3 : marche avant, embrayage fermé progressivement, frein ouvert.

Positions —1, — 2, — 3 : idem pour marche arrière.

En imposant le passage obligatoire par toutes les positions intermédiaires entre + 3 et — 3 et en temporisant de 5 s. le démarrage du moteur dans l'un ou l'autre sens, on empêche dans tous les cas le démarrage du moteur avant arrêt ou sur embrayage fermé. On évite d'autre part d'arrêter le moteur entre deux périodes successives de marche dans le même sens.

La position « courant coupé - embrayage ouvert » n'est pas prévue dans la séquence : elle n'est nécessaire que pour l'entretien.

3. SOLUTIONS ADOPTEES

Les transmissions par radio en propagation libre ne sont pas possibles dans la galerie et c'est pourquoi on devra suspendre un câble guide d'ondes ou deux câbles guides d'ondes à partir du treuil tout le long de la galerie de transport. On a choisi un émetteur-récepteur Philips MBLE fabriqué en Suède, travaillant en fréquence modulée dans la bande de 30 MHz. Les premiers essais avec cet appareil ont été décrits dans le Bulletin Technique INIEX « Mines et Carrières » n° 117, pp. 25-29.

L'émetteur XE 10160 est porté sur le dos par le convoyeur de rame. Il est alimenté par sa batterie propre qui pèse 1,600 kg. Les signaux sont obtenus par la combinaison de deux quelconques des cinq fréquences musicales disponibles. La présence de plus ou de moins de deux fréquences provoque l'arrêt automatiquement. L'antenne peut être incorporée ou saillir vers le haut ou vers le bas. Cet émetteur est relié par un câble souple au manipulateur porté sur la poitrine (fig. 2, a-b).

Le manipulateur est dérivé du boîtier de commande XE 12530 et mesure 225 × 65 × 102 mm (plan MBLE 4004 145 20038 - fig. 1). D'un côté, un bouton à sept positions stables, repérables dans l'obscurité, assure la séquence de commande, soit dans un sens de marche, soit dans l'autre sens, ce qui oblige à passer par la position d'arrêt lorsqu'on change le sens de marche. De l'autre côté, un bouton à deux positions et rappel à ressort excite deux avertisseurs.

Le récepteur XE 10586/1 à 10 canaux est en principe relié galvaniquement au câble guide

Stand 0 : stroom af, koppeling vast, rem vast;

Stand + 1 : vooruit, koppeling open, rem vast;

Stand + 2 : vooruit, koppeling open, rem open;

Stand + 3 : vooruit, koppeling sluit geleidelijk, rem open;

Standen — 1, — 2, — 3 : idem voor achteruit.

Om van + 3 naar — 3 over te gaan moet men verplichtend alle tussenstanden doorlopen, en het starten van de motor wordt in beide richtingen 5 s. getemporiseerd. Hierdoor belet men, in alle gevallen, dat de motor, vóór de volledige stilstand, of met gesloten koppeling in- of omgeschakeld wordt. Anderzijds wordt vermeden de motor tussen twee opeenvolgende bewegingen in dezelfde richting, nutteloos stil te zetten.

De combinatie « stroom af - koppeling open » is in de sequentie niet voorzien. Zij kan slechts bij onderhoudswerken van pas komen.

3. AANGENOMEN OPLOSSINGEN

De radioverbindingen met vrije golvenvoortplanting zijn in de galerij niet mogelijk. Daarom zal men een of twee golfgeleidingskabels vanaf de lier over de ganse lengte van de vervoergalerij moeten hangen. Een Philips-MBLE zender-ontvanger van Zweeds fabrikaat, met frequentiemodulatie in de 30 MHz-band, werd gekozen. De eerste proeven met dit apparaat werden in het Technisch Tijdschrift NIEB « Mijnen en Groeven » nr 117, blz. 25-29, beschreven.

De XE 10160 zender wordt door de treinbegeleider op de rug gedragen. Hij wordt door een eigen batterij gevoed (1,6 kg). De seinen bestaan uit eender welke combinatie van twee, uit de vijf beschikbare, hoorbare frequenties. Bij aanwezigheid van meer of minder dan twee frequenties stopt de installatie automatisch. De antenne kan ingebouwd zijn ofwel naar boven of naar onder uitsteken. In het onderhavig geval is de zender over een kabel verbonden met de knoppenkast die op de borst gedragen wordt (fig. 2, a-b).

Deze knoppenkast stamt af van de stuurblok XE 12530 en is 225 × 65 × 102 mm groot (plan MBLE 4004-145-20038 - fig. 1). Aan een kant wordt de bedieningssequentie, voor de beide bewegingsrichtingen, door eenzelfde stuurknop met zeven stabiele, in het donker herkenbare standen, verwezenlijkt, zodat men gedwongen door de nulstand moet om de bewegingsrichting om te keren. Aan de andere kant van het kastje bedient een knop met twee verende standen twee elektrische hoorns.

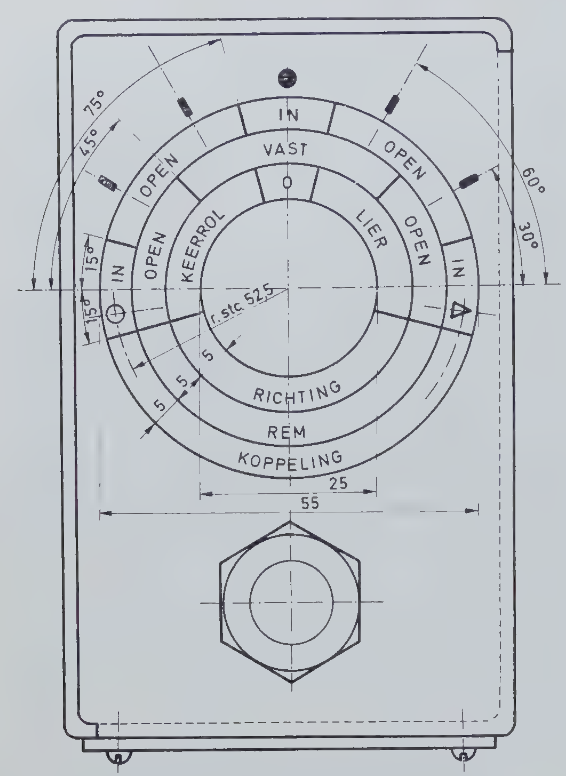


Fig. 1.
Commutateur du boîtier de télécommande par radio.
Kommandoknop voor radio stuurinrichting.

Open = ouvert.
Vast = fermé.
Lier = treuil.
Keerrol = poulie de retour.
Richting = sens de marche.
Rem = frein.
Koppeling = embrayage.

d'ondes et alimenté en 220 V en alternatif. Outre les étages d'amplification en moyenne fréquence et en haute fréquence, le récepteur est équipé d'amplificateurs basse fréquence sélectifs assurant le contrôle de la présence de deux fréquences modulantes et le décodage (fig. 2, d).

Le matériel a été modifié pour être de sécurité intrinsèque et contrôlé par les laboratoires de Pâturages de l'INIEX.

La firme Siemens a exécuté suivant les schémas du charbonnage un coffret antidéflagrant à relais groupant les relais électromagnétiques ci-après (fig. 2, e) :

- 8 relais Schrack RL 310024 relayant les huit sorties utilisées du récepteur;
- 10 relais de maintien et de temporisation à 24 V convertissant les signaux en fonction des appareils à desservir et assurant la continuité des signaux lors du passage d'une position du manipulateur à la suivante;
- les départs vers les contacteurs-inverseurs du moteur, les deux vannes électropneumatiques (frein et embrayage) et les deux avertisseurs sonores;
- l'alimentation 500/220/24 V.

De ontvanger XE 10586/1, met 10 kanalen, blijft principieel galvanisch met de golfgeleider verbonden en wordt met wisselstroom 220 V gevoed. Buiten de HF en MF versterkingstrappen omvat hij laagfrequentie selectieve versterkers die de aanwezigheid van de beide modulerende toonfrequenties test en het decoderen ervan verzorgt (fig. 2, d).

Met het oog op intrinsieke veiligheid werd het materieel omgebouwd en gekeurd door de NIEB-laboratoria te Paturages.

De firma Siemens heeft, volgens de schema's van de mijn, een ontploffingsvaste relaiskast uitgevoerd waarin de volgende elektromagnetische relais ingebouwd werden (fig. 2, e) :

- 8 Schrack-RL-310024 relais, om de 8 gebruikte uitgangen van de ontvanger te versterken;
- 10 onderhouds- en vertragingsrelais op 24 V, om de impulsen aan de te bedienen apparaten aan te passen en het behoud van de seinen te verzekeren bij de overgang van een stand van de bedieningsknop tot de volgende;
- de uitgangen naar de omschakelaars van de motor, naar de elektroventielen (rem en koppeling) en de twee hoorns;
- de voeding 500/200/24 V.

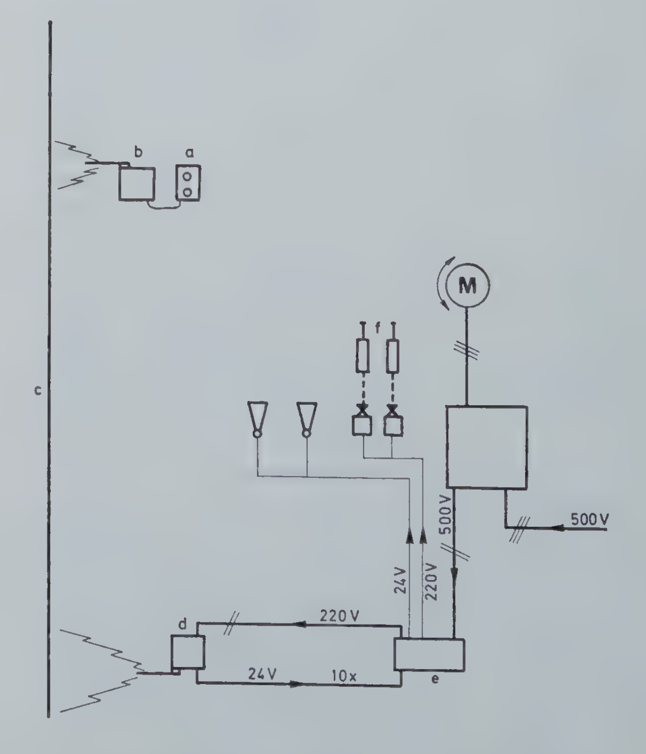


Fig. 2.
Télécommande par radio d'un treuil de mine.
Radiosturing voor een sleeplier.

Les signaux envoyés par l'émetteur et recueillis par le récepteur seront, dans la première phase, utilisés à l'allumage de lampes de signalisation que le conducteur du treuil observera et qui constitueront pour lui des ordres à exécuter.

Dans la deuxième phase (télécommande), les impulsions à la réception exciteront un cylindre pneumatique à simple effet pour la commande du frein (fermeture par contrepoids) et un cylindre hydropneumatique à double effet pour la commande progressive de l'embrayage (fig. 2, f).

Les cylindres et les vannes électropneumatiques seront approvisionnés si les essais de la première phase sont satisfaisants.

In de eerste fase zullen de langs zender en ontvanger opgevangen impulsen gebruikt worden om elektrische lampen aan te steken, die voor de liermachinist de uit te voeren bevelen zullen vertolken.

In de tweede fase (afstandssturing) zullen de opgevangen impulsen twee cylinders sturen : een enkelwerkende pneumatische cylinder voor de rem (sluiting door tegengewicht) en een dubbelwerkende hydropneumatische cylinder met demper voor de geleidelijke sluiting van de koppeling (fig. 2, f).

De cylinders en elektropneumatische ventielen zullen besteld worden indien de eerste fase van het experiment voldoening schenkt.

Les liaisons radio-électriques par câble coaxial dans la mine

Radio-elektrische verbindingen met behulp van coaxiale kabels in de mijnen

P. DELOGNE (*)

1. INTRODUCTION

Il est sans doute inutile de rappeler longuement ici l'importance que l'on accorde à l'établissement de réseaux radio dans les chantiers souterrains [1], en particulier dans les mines, de même que les difficultés auxquelles se heurte la propagation des ondes électromagnétiques dans les galeries. On a, jusqu'à présent, résolu ces problèmes de la manière la plus efficace en tendant dans la galerie des fils jouant un rôle de guide d'onde.

Le placement de ces câbles-guides se fait de telle manière que leur champ électromagnétique s'étende jusqu'aux parois, afin que les liaisons soient possibles dans toute la section. Il s'ensuit inéluctablement des valeurs assez élevées de l'affaiblissement spécifique des modes utilisés. Enfin, dans certains cas difficiles, comme celui des tailles, il n'existe pas de bonne disposition des câbles-guides habituels qui ne peuvent guère qu'être enfouis dans le paquet de câbles divers posés le long du convoyeur blindé. Dans de telles circonstances, la propagation des ondes électromagnétiques devient un phénomène aléatoire.

C'est précisément en vue de ces cas difficiles que l'on a estimé nécessaire d'étudier le système décrit ici, mais il peut évidemment s'appliquer à des situations plus favorables.

(*) Ingénieur Civil, Docteur en Sciences Appliquées, Chargé de Cours à l'Ecole Royale Militaire.

1. INLEIDING

Het is zeker overbodig langdurig uit te weiden over het belang dat men hecht aan radionetten in ondergrondse werkplaatsen [1], vooral in de mijnen, en over de moeilijkheden waarmee de voortplanting van elektromagnetische golven in de galerijen gepaard gaat. Tot nu toe bestond de beste oplossing van deze problemen in het spannen in de galerij van draden die de rol van golfgeleider vervullen.

Deze leikabels worden zo geplaatst dat hun elektromagnetisch veld zich uitstrekt tot tegen de wanden, zodat verbindingen mogelijk zijn over heel de sectie. Daaruit volgt onvermijdelijk een tamelijk hoge waarde voor de specifieke afzwakking bij de gebruikte procédés. In sommige moeilijke gevallen zoals de pijlers bestaat er tenslotte voor de gebruikelijke leikabels geen goede manier van opstellen en kunnen ze alleen maar toegevoegd worden aan de bundel kabels die aan de pantsertransporteur worden vastgemaakt. In die omstandigheden wordt de voortplanting van de elektromagnetische golven een twijfelachtige zaak.

Het is juist voor deze moeilijke gevallen dat men het hier beschreven systeem heeft willen bestuderen, wat natuurlijk niet belet dat het ook in gunstiger omstandigheden kan gebruikt worden.

De hoofdgedachte is de volgende : men wil al de

(*) Burgerlijk Ingenieur, Doctor in Toegepaste Wetenschappen, Docent aan de Koninklijke Militaire School.

L'idée directrice en est la suivante : l'on tient à conserver tous les avantages de mobilité et de souplesse de la radio, mais on désire néanmoins que la propagation de l'énergie électromagnétique se fasse dans un câble coaxial, à l'abri de tous les aléas propres à la galerie. Il faut donc qu'à travers une antenne A placée sur le câble (fig. 1), l'émetteur puisse induire une onde à l'intérieur de celui-ci. A intervalles réguliers, on insère des dispositifs B re-rayonnant une petite fraction de cette onde, afin qu'elle puisse être reçue par des récepteurs se trouvant en n'importe quel endroit.

voordelen inzake beweeglijkheid en soepelheid van de radio behouden maar men wenst toch dat de elektromagnetische energie zich zou voortplanten in een coaxiale kabel, beschut tegen alle hinderpalen die in een galerij aanwezig zijn. De zendpost moet bijgevolg langs een antenne A, die op de kabel geplaatst wordt (fig. 1), een golf kunnen invoeren naar het inwendige ervan. Met regelmatige tussenruimten plaatst men terugzendapparaten B die een kleine fractie van deze golf uitzenden, zodat zij kan opgevangen worden door ontvangers die zich in eender welk punt bevinden.

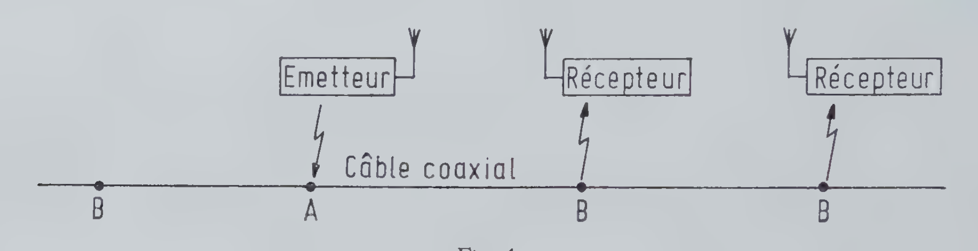


Fig. 1.
Système de transmission par câble coaxial.
Transmissiesysteem met coaxiale kabel.

Il est évident que, d'après le théorème de réciprocité, les dispositifs A et B jouent des rôles identiques et il n'y a aucune raison de les concevoir différents — d'ailleurs, les postes sont émetteurs-récepteurs —. Il nous faut donc disposer d'un système aussi simple que possible qui ne perturbe que peu la propagation d'une onde dans le câble, mais en prélève une fraction et la rayonne dans l'espace extérieur. Ce dispositif rayonnant a été conçu suivant le principe de la coupure transversale du conducteur extérieur du câble.

2. RAYONNEMENT D'UNE COUPURE TRANSVERSALE DU CONDUCTEUR EXTERIEUR

21. Principe de fonctionnement.

Les ondes susceptibles d'exister à l'intérieur d'un câble coaxial sont bien connues et il n'est pas nécessaire de les décrire ici. A l'extérieur du câble, deux types d'ondes peuvent exister : d'une part, des ondes de rayonnement se propageant radialement à partir des antennes qui les excitent et, d'autre part, des ondes guidées par la surface extérieure du câble et plus ou moins concentrées autour de celui-ci. Dans le cas où le conducteur est révêtu de diélectrique, ces ondes sont du type de Goubau [2]; leur longueur d'onde est plus petite que celle de la propagation dans l'air; le raccourcissement de longueur d'onde et la concentration autour du câble croissent avec l'épaisseur du revêtement.

Considérons (fig. 2) un câble coaxial dont le conducteur extérieur a été interrompu sur une courte longueur (2d) et, à l'intérieur du câble, une onde incidente se propageant de la gauche vers la droite.

Vanzelfsprekend vervullen de toestellen A en B wegens de stelling van de wederkerigheid identieke functies zodat er geen enkele reden is om ze verschillend te maken — het zijn ten andere zend- en ontvangstposten —. We moeten dus een zo eenvoudig mogelijk systeem hebben dat de voortplanting van de golf in de kabel zo weinig mogelijk stoort, en er enkel een kleine fractie van aftapt om die in de buitenruimte te verspreiden. Dit stralingsapparaat werd gebouwd volgens het principe van een dwarse snede in de buitengeleider van de kabel.

2. UITSTRALING VAN EEN DWARSE SNEDE IN DE BUITENGELEIDER

21. Werkingsprinciep

De golven die in het inwendige van een coaxiale kabel kunnen bestaan zijn goed gekend en het is niet nodig ze hier te beschrijven. Buiten de kabel kunnen twee typen van golven bestaan : van de ene kant uitstralingsgolven die zich radiaal voortplanten van aan de antennes die ze opwekken, en van de andere kant golven geleid door het buitenoppervlak van de kabel en min of meer concentrisch rondom de kabel gelegen. Ingeval de geleider omringd is door een diëlektrisch materiaal zijn deze golven van het type van Goubau [2]; hun golflengte is kleiner dan bij voortplanting in de lucht; de verkorting van de golflengte en de concentratie rondom de kabel nemen toe bij stijgende dikte van de bekleding.

Beschouwen wij (fig. 2) een coaxiale kabel waarvan de buitengeleider onderbroken werd over een kleine lengte (2d) en in het inwendige van de kabel een golf die zich voortplant van links naar rechts.

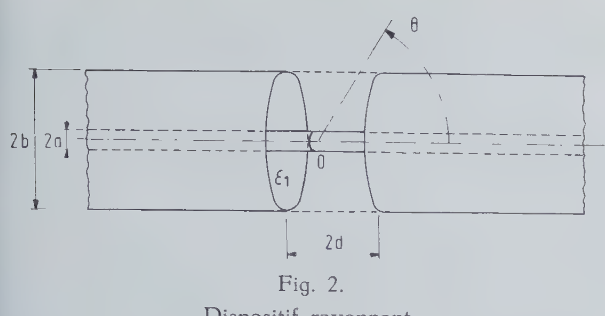


Fig. 2.
Dispositif rayonnant.
Stralingsapparaat.

Du fait de la coupure du conducteur extérieur, cette onde subit les effets suivants :

a) Une partie se réfléchit vers la gauche à l'intérieur du câble : on peut définir un facteur de réflexion S_{11}.

b) Une partie se transmet vers la droite à l'intérieur du câble : on peut définir un facteur de transmission S_{12} ou, d'une manière plus pratique, une perte d'insertion $p_{12} = -20 \log (S_{12})$ qui est la perte provoquée par la coupure pour la propagation à l'intérieur du câble.

c) Une partie de la puissance incidente est transformée en deux ondes de surface d'amplitudes égales se propageant vers la gauche et vers la droite à partir de la coupure.

d) Une dernière fraction est rayonnée dans l'espace extérieur comme le ferait une antenne; on définit une fonction de directivité $D(\theta)$ caractérisant la répartition spatiale de cette puissance, par comparaison à une antenne à rayonnement isotrope.

22. Etude théorique.

Une étude théorique complète du problème de la coupure a été effectuée. Elle est trop longue et trop spécialisée pour trouver sa place ici, mais sera publiée dans une revue traitant d'électromagnétisme. On se bornera à exposer ici le principe de résolution et les résultats obtenus.

Pour résoudre le problème, on a supposé connue la composante tangentielle du champ électrique dans la coupure, ce qui permet de calculer le champ magnétique à l'intérieur et à l'extérieur du câble. L'expression de la continuité du champ magnétique dans la coupure permet de calculer la composante supposée connue et, à partir de celle-ci toutes les grandeurs intéressantes : facteur de réflexion, de transmission, etc...

23. Résultats.

a) *Schéma équivalent.*

L'étude théorique a montré qu'au point de vue de la réflexion et de la transmission dans le câble coaxial, la coupure est équivalente à une admittance y_t mise en série dans le conducteur extérieur et composée d'une conductance et d'une capacité en parallèle (fig. 3). La

Wegens het onderbreken van de buitenste geleider ondergaat deze golf de volgende invloeden :

a) een gedeelte wordt teruggekaatst naar links in het inwendige van de kabel; men kan een terugkaatsingsfactor S_{11} bepalen;

b) een gedeelte gaat over naar rechts in het inwendige van de kabel; men kan een transmissiefactor S_{12} bepalen of, meer praktisch, een insnoeringsverlies $p_{12} = -20 \log (S_{12})$, dit is het verlies veroorzaakt door de onderbreking van de voortplanting in het inwendige van de kabel;

c) een gedeelte van het invallend vermogen wordt omgezet in twee oppervlakkige golven met dezelfde amplitude die zich van de onderbreking af voortplanten naar links en naar rechts;

d) een laatste fractie wordt naar buiten uitgestraald zoals een antenne zou doen; men bepaalt een geleidingsfunctie $D(\theta)$ die karakteristiek is voor de ruimtelijke verdeling van dit vermogen, in vergelijking met een antenne met isotrope straling.

22. Theoretische studie

Er werd een volledige theoretische studie van het onderbrekingsverschijnsel gemaakt. Ze is te lang en te gespecialiseerd om hier te worden weergegeven, maar ze zal gepubliceerd worden in een blad over elektromagetisme. Men zal zich hier beperken tot het principe van de oplossing en de bekomen resultaten.

Om het probleem op te lossen heeft men de tangentiële componente van het elektrisch veld in de onderbreking bekend verondersteld, zodat het magnetisch veld binnen en buiten de kabel kon berekend worden. Door te schrijven dat het magnetisch veld continu is in de snede kan men de bekend veronderstelde componente berekenen en zo komen tot al de gezochte grootheden : terugkaatsingsfactor, transmissiefactor enz.

23. Resultaten

a) *Equivalent schema.*

De theoretische studie heeft aangetoond dat de snede inzake terugkaatsing en transmissie gelijkgesteld kan worden met een admittancie y_t geplaatst in serie in de buitengeleider en samengesteld uit een conductantie en een capaciteit in parallel (fig. 3). De conductantie

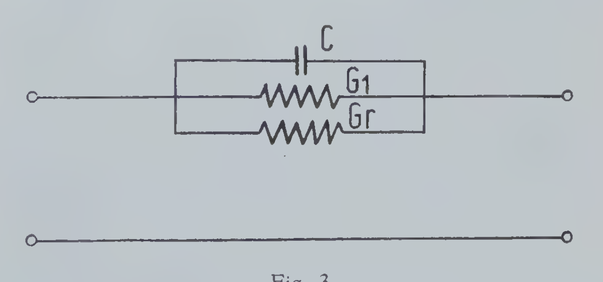


Fig. 3.
Schéma équivalent de la coupure.
Equivalent schema van de onderbreking.

conductance elle-même se compose de deux parties fictives G_1 et G_r, dans lesquelles les puissances dissipées seraient celles des ondes de Goubau et des ondes rayonnées, respectivement.

Les notations d'admittance en lettres minuscules correspondent à des admittances réduites par rapport à celle du câble coaxial.

b) *Influence de la longueur de l'interruption.*

Le tableau I donne, pour un câble au polyéthylène à 50 Ω, de 1 cm de diamètre, avec un revêtement de 2 mm en PVC, à la fréquence de 300 MHz, la variation des divers paramètres en fonction du rapport de la longueur ($2d$) de la coupure au diamètre $2b$ = 1 cm du câble.

zelf bestaat uit twee fictieve delen G_1 en G_r; de daarin opgenomen vermogens zouden respectievelijk die zijn van de Goubaugolven en de stralingsgolven.

De aanduidingen in kleine letters van de admittanties duiden op admittanties die verkleind zijn ten opzichte van die van de coaxiale kabel.

b) *Invloed van de lengte der onderbreking.*

Tabel I geeft voor een kabel in polyethyleen van 50 Ω, met een doormeter van 1 cm, en een bekleding in PVC van 2 mm, bij een frequentie van 300 MHz, de verandering van de verschillende parameters in functie van de verhouding van de lengte ($2d$) van de onderbreking tot de doormeter $2b$ = 1 cm van de kabel.

Tableau I. — Influence de d/b

Tabel I. — Invloed van d/b

d/b	y_t	S_{11}	S_{12}	p_{12} (dB)	Fract. guidée Geleide fractie (dB)	Fract. rayon. Uitgestraalde fractie (dB)
0,01	0,127 + j 0,178	0,766 — 15,9°	0,336 38,6°	9,4	— 7,15	— 9,76
0,05	0,127 + j 0,140	0,778 — 12,6°	0,294 35,2°	10,6	— 7,02	— 9,64
0,1	0,127 + j 0,119	0,783 — 10,8°	0,273 32,5°	11,2	— 6,97	— 9,58
0,5	0,127 + j 0,076	0,791 — 6,9°	0,234 23,9°	12,5	— 6,86	— 9,49
1	0,127 + j 0,054	0,794 — 4,9°	0,219 18,1°	13,1	— 6,85	— 9,46

On constate que la longueur de la coupure a peu d'influence et, en particulier, qu'il serait illusoire de vouloir réduire la perte d'insertion en diminuant cette longueur.

c) *Influence du revêtement diélectrique.*

Le raccourcissement de la longueur d'onde, exprimé comme le rapport (h_1/k) de la longueur d'onde dans l'air à celle des ondes de Goubau, est en relation avec l'épaisseur et la permittivité du revêtement diélectrique du conducteur extérieur.

Le tableau II, établi pour un câble ordinaire, à 300 MHz, montre que l'admittance de la coupure ne dépend pas de l'épaisseur ou de la permittivité du revêtement. Ceux-ci sont donc sans influence sur la réflexion et la transmission à l'intérieur du câble. Par contre, ils déterminent les valeurs respectives des conductances G_1 et G_r, leur somme restant constante. En d'autres termes, la puissance transférée à l'extérieur du câble res-

Men ziet dat de invloed van de lengte der onderbreking klein is en dat het bij voorbeeld geen zin heeft het insnoeringsverlies te willen beperken door deze lengte te verminderen.

c) *Invloed van de diëlektrische bekleding.*

De inkorting van de golflengte, uitgedrukt als de verhouding (h_1/k) van de golflengte in de lucht tot die van de Goubaugolven, staat in verband met de dikte en de doorlatendheid van de diëlektrische bekleding van de buitengeleider.

Tabel II, die opgesteld werd voor een gewone kabel, met 300 MHz, toont aan dat de admittantie van de onderbreking niet afhangt van de dikte of de doorlatendheid van de bekleding. Deze laatste elementen hebben dus geen invloed op de terugkaatsing en de transmissie in het inwendige van de kabel. Daarentegen bepalen ze de respectievelijke waarden van de conductanties G_1 en G_r, waarvan de som constant blijft. Met andere woorden, het naar buiten overgebrachte vermogen blijft hetzelfde, de dikte van de bekleding

tant fixe, l'épaisseur du revêtement détermine sa répartition entre les ondes rayonnées et guidées, une forte épaisseur favorisant ces dernières.

bepaalt hoe dit vermogen verdeeld wordt tussen uitgestraalde en geleide golven, waarbij een grote dikte bevorderlijk is voor de laatste soort.

Tableau II. — Influence de h_1/k

Tabel II. — Invloed van h_1/k

h_1/k	G_l (mS)	G_r (mS)	y_t	Fract. guidée Geleide fractie (dB)	Fract. rayon. Uitgestraalde fractie (dB)
1,002	1,42	1,07	$0{,}125 + j\,0{,}120$	0,176 (— 7,5)	0,173 (— 7,6)
1,005	1,54	0,99	$0{,}127 + j\,0{,}120$	0,189 (— 7,2)	0,122 (— 7,6)
1,010	1,63	0,89	$0{,}127 + j\,0{,}119$	0,201 (— 7,0)	0,109 (— 9,6)
1,020	1,74	0,76	$0{,}125 + j\,0{,}118$	0,215 (— 6,7)	0,094 (— 10,2)
1,050	1,88	0,57	$0{,}122 + j\,0{,}116$	0,234 (— 6,3)	0,071 (— 11,4)

Enfin, la figure 4 montre que l'épaisseur et la permittivité du revêtement déterminent aussi le diagramme de rayonnement. Pour des épaisseurs normales (h_1/k — *1,01*) ou faibles, on obtient une directivité élevée pour des angles assez petits, c'est-à-dire pour des directions proches de l'axe du câble; ceci est très souhaitable pour l'utilisation dans des galeries.

Il est à noter que, pour obtenir le gain à utiliser dans les calculs de liaisons, il faut ajouter à la directivité la fraction de la puissance incidente qui est rayonnée (en dB).

d) *Influence de la fréquence.*

L'effet de la fréquence se marque principalement par le rapport de la circonférence du câble à la longueur d'onde

$$x = \frac{2\pi b}{\lambda} = \frac{2\pi b}{c} f,$$

qui lui est proportionnel. Cependant, pour un câble donné, avec un revêtement diélectrique donné, le raccourcissement de longueur d'onde dépend de la fréquence. On peut suivre cette évolution sur le tableau III établi pour le câble à 50 Ω mentionné précédemment.

L'augmentation simultanée de x et de (h_1/k) provoque une augmentation de l'admittance de la coupure. Ceci entraîne une réduction du facteur de réflexion au profit de la transmission dans le câble et vers l'extérieur. On notera que la perte d'insertion, qui décroît avec la fréquence, est cependant toujours élevée; ce n'est qu'à des fréquences de plusieurs GHz qu'elle tombe à 2 ou 3 dB. On verra plus loin comment on peut pallier ce défaut.

La figure 5 donne, pour ce même câble, les diagrammes de rayonnement : ils ne dépendent guère de la fréquence.

Tenslotte toont figuur 4 aan dat de dikte en de doorlatendheid van de bekleding eveneens bepalend zijn voor het stralingsdiagram. Voor normale ($h_1/k = 1{,}01$) of zwakke dikten krijgt men een sterke gerichtheid voor een betrekkelijk kleine hoek θ, dit wil zeggen voor richtingen nabij de as van de kabel; zulks is ten zeerste gewenst voor gebruik in galerijen.

d) *Invloed van de frequentie.*

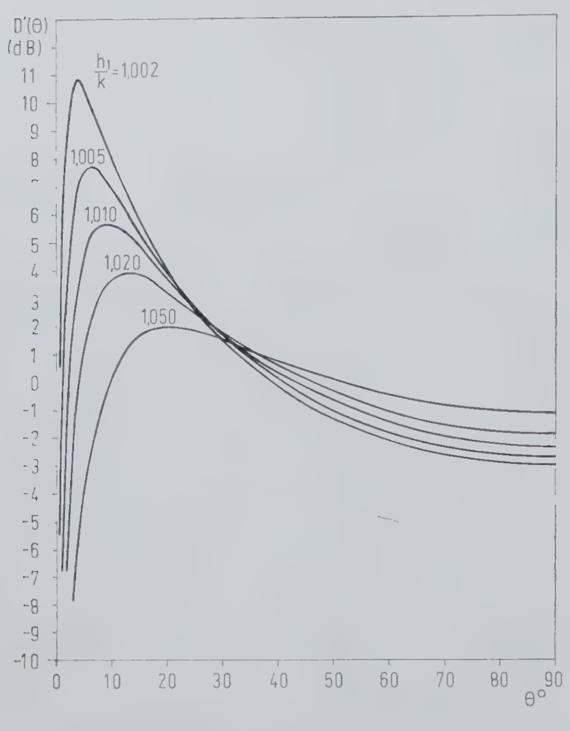
De invloed van de frequentie komt hoofdzakelijk tot uiting in de verhouding van de omtrek van de kabel tot de golflengte

$$x = \frac{2\pi b}{\lambda} = \frac{2\pi b}{c} f,$$

die ermee evenredig is. Voor een gegeven kabel met een gegeven diëlektrische bekleding hangt de golflengte evenwel af van de frequentie. Men kan die evolutie volgen op tabel III die opgemaakt werd voor de reeds vermelde kabel van 50 Ω.

De gelijktijdige vermeerdering van x en van (h_1/k) veroorzaakt een verhoging van de admittantie van de onderbreking. Dit brengt een vermindering mee van de terugkaatsingsfactor ten voordele van de transmissie in de kabel en naar buiten. Men notere dat de vermindering van insnoering die met de frequentie afneemt, toch altijd hoog blijft; slechts bij frequenties van verschillende GHz valt ze onder 2 tot 3 dB. Wij zullen verder zien hoe dit nadeel kan verholpen worden.

Figuur 5 geeft voor dezelfde kabel de stralingsdiagrammen : ze hangen helemaal niet af van de frequentie.

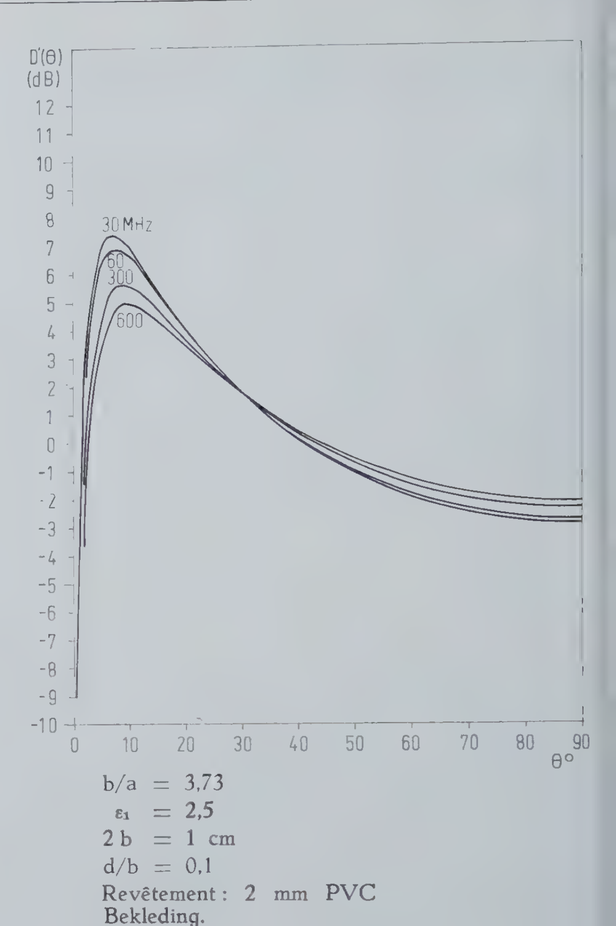


b/a = 3,73
ε_1 = 2,5
x = 0,0314
d/b = 0,1

h_1/k	Fract. ray. (dB) Uitgestr. fractie (db)
1,002	— 7,6
1,005	— 9,1
1,010	— 9,6
1,020	— 10,2
1,050	— 11,4

Fig. 4.

Directivité. Influence de h_1/k.
Gerichtheid. Invloed van h_1/k.



b/a = 3,73
ε_1 = 2,5
2 b = 1 cm
d/b = 0,1
Revêtement : 2 mm PVC
Bekleding.

f (MHz)	Fract. ray. (dB) Uitgestr. fractie (dB)
30	— 11,9
60	— 11,2
300	— 9,6
600	— 9,0

Fig. 5.

Directivité. Influence de la fréquence.
Gerichtheid. Invloed van de frequentie.

Tableau III. — Influence de la fréquence

Tabel III. — Invloed van de frequentie

f MHz	h_1/k	y_t	(S_{11})	(S_{12})	p_{12} (dB)	Fract. guidée Geleide fractie	Fract. rayon. Uitgestraalde fractie (dB)
30	1,0068	0,0765 + j 0,0285	0,866	0,141	16,9	0,165	0,064 (— 11,9)
60	1,0075	0,0871 + j 0,0443	0,849	0,166	15,5	0,176	0,076 (— 11,2)
300	1,0100	0,127 + j 0,119	0,783	0,273	11,2	0,202	0,110 (— 9,6)
600	1,0120	0,156 + j 0,204	0,726	0,373	8,5	0,205	(— 9,0)

24. Vérification expérimentale.

Tous ces résultats théoriques, à l'exception des diagrammes de rayonnement, ont fait l'objet de vérifications expérimentales en laboratoire. Ce genre de mesures est assez délicat, car il comporte du rayonnement et parce que, pour ne pas troubler les phénomènes, le câble doit présenter, de part et d'autre de la coupure, une longueur suffisante. Les appareils de mesure et autres dispositifs, court-circuits, etc... sont donc toujours raccordés à une distance de plusieurs longueurs d'onde de la coupure. Afin de réduire les erreurs, on a utilisé cinq méthodes de mesure différentes, qu'il serait trop long de décrire ici. Elles ont donné, entre elles et par rapport aux prévisions théoriques, des écarts inférieurs à 10 %.

3. APPLICATION A UN DISPOSITIF PRATIQUE

Le principe de la coupure du conducteur extérieur est excellent en ce qui concerne l'usage qui est fait de la puissance sortant du câble, mais si l'on envisage des applications telles que celle évoquée à la figure 1, il est évident que les pertes d'insertion obtenues sont trop élevées.

Il est donc nécessaire d'apporter quelques aménagements. En fait, partant d'un quadripôle possédant le schéma équivalent de la figure 3, il est toujours possible, en y ajoutant des éléments d'adaptation des impédances, d'en faire un quadripôle dont les impédances sont adaptées à celle de la ligne et dont la perte d'insertion prend une valeur déterminée. La puissance de l'onde incidente se répartit alors, dans une proportion que l'on choisit, entre l'onde transmise dans le câble et les ondes sortant par la coupure, à l'exclusion de toute réflexion.

Dans la pratique cependant, les solutions simples prévalent. On peut réduire le facteur de réflexion S_{11} et la perte d'insertion p_{12} d'un quadripôle tel que celui de la figure 3 en augmentant la valeur de la capacité. Ceci est aisé : il suffit de permettre un certain recouvrement des deux portions du conducteur extérieur. Il est possible de construire les dispositifs rayonnants sous la forme d'adaptateurs destinés à relier des tronçons de câble et qui doivent évidemment être dessinés d'après le type de connecteur utilisé. La figure 6 en suggère le principe de réalisation.

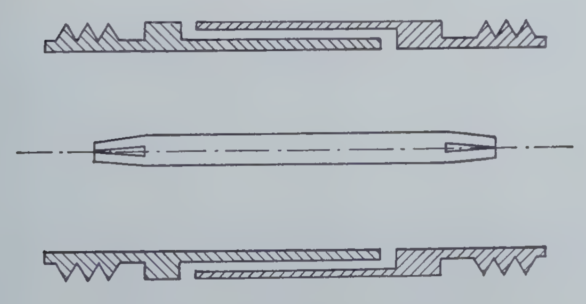


Fig. 6.
Principe de réalisation.
Verwezenlijkingsprincipe.

24. Proefondervindelijke test

Met uitzondering van de stralingsdiagrammen werden al deze theoretische resultaten proefondervindelijk nagegaan in het laboratorium. Dit soort van metingen is vrij moeilijk omdat er stralingen bij te pas komen en omdat de kabel, wil men storingen in de verschijnselen voorkomen, aan beide kanten van de onderbreking voldoende lang moet zijn. De meettoestellen en andere apparaten, kortsluitingen enz., worden dus altijd aangesloten over een afstand van verschillende golflengten van de onderbreking. Om fouten te verminderen heeft men vijf verschillende meetmethoden toegepast; het zou ons te ver voeren indien wij ze hier wilden beschrijven. De afwijkingen onderling en met de theoretische vooruitzichten bedroegen minder dan 10 %.

3. TOEPASSING OP EEN PRAKTISCHE APPARATUUR

Het princiep van de onderbreking van de buitengeleider is zeer goed waar men gebruik wil maken van het vermogen dat de kabel verlaat, maar voor toepassingen zoals deze voorgesteld op figuur 1 zijn de bekomen insnoeringsverliezen natuurlijk zeer hoog.

Er moeten dus enkele maatregelen getroffen worden. In feite is het altijd mogelijk uitgaande van een vierpolig element met het equivalent schema van figuur 3 en door het bijvoegen van de aanpassingselementen der impedanties, over te gaan naar een vierpolig element waarvan de impedanties zijn aangepast aan die van de lijn en waarvan het insnoeringsverlies een bepaalde waarde aanneemt. Het vermogen van de invallende golf verdeelt zich dan in een verhouding die men zelf kiest tussen de golven die zich voortplanten door de kabel en de golven die uittreden aan de onderbreking, met uitsluiting van alle terugkaatsing.

In de praktijk gaat de voorkeur evenwel naar eenvoudige oplossingen. Men kan de terugkaatsingsfactor S_{11} en het insnoeringsverlies p_{12} van een vierpolig element zoals dat van figuur 3 verminderen door een verhoging van de capaciteit. Dit is gemakkelijk : het volstaat de twee delen van de buitengeleider een weinig over elkaar te laten komen. De stralingselementen kunnen gebouwd worden onder de vorm van verbindingsstukken die de einden kabel verbinden en die natuurlijk moeten uitgevoerd worden volgens het gebruikte type van verbinding. Figuur 6 geeft aan volgens welk princiep men moet te werk gaan bij de uitvoering.

De waarde van de bijgevoegde capaciteit moet gekozen worden in functie van de toepassing die men op het oog heeft. Zo men ze vermeerdert, vermindert het insnoeringsverlies maar ook de fractie van het invallend vermogen dat door de onderbreking naar buiten treedt. Voor een verbinding zoals die van figuur 1 is

La valeur de la capacité ajoutée doit être choisie en fonction de l'application envisagée. Si on l'augmente, la perte d'insertion diminue, mais aussi la fraction de la puissance incidente qui sort par la coupure. Pour une liaison telle que celle de la figure 1, la valeur optimale de la capacité ajoutée est celle qui minimalise l'atténuation totale entre l'émetteur et le récepteur le plus éloigné. A titre d'exemple, pour une distance de 700 m, couverte par 35 dispositifs rayonnants, et pour un câble à 70 Ω à 60 MHz, la valeur optimale de la capacité ajoutée est trouvée égale à 60 pF. La perte d'insertion correspondante est de 0,38 dB.

4. EXEMPLES D'UTILISATION DANS LA MINE

41. Système à fréquence unique.

Il s'agit du système schématisé à la figure 1, dans lequel tous les émetteurs et récepteurs travaillent sur la même fréquence.

Lorsqu'on calcule l'atténuation totale d'une liaison suivant ce principe, en calculant les liaisons émetteur — A et B — récepteur comme des liaisons radio en espace libre, on trouve qu'il y a intérêt à utiliser les fréquences les plus basses possible.

Si le câble coaxial est bien dégagé par rapport aux parois de la galerie, on peut s'attendre à ce qu'il joue un rôle de guide, le câble et les parois formant une espèce de câble coaxial qui peut améliorer les liaisons Em-A et B-Réc.

Mais si la câble est mal posé, comme ce sera le cas dans les tailles, ces liaisons se font dans une galerie assimilable à un guide creux et possédant une fréquence de coupure. Il faut choisir la fréquence de travail supérieure à celle-ci.

Ces raisons et d'autres relatives aux appareils émetteurs-récepteurs, ont conduit l'INIEX a adopter pour ses essais la fréquence de 68 MHz. Les premiers résultats obtenus sont encourageants.

42. Systèmes à changement de fréquence.

D'après la théorie et à défaut de résultats expérimentaux en nombre suffisant, on prévoit que le système décrit ci-dessus ne permettra pas de dépasser des portées de l'ordre du kilomètre, les conditions pouvant cependant être très défavorables.

Cette limitation est due essentiellement à l'atténuation des deux liaisons Em-A et B-Réc, provoquant chacune une perte de quelque 40 dB.

Pour des distances plus grandes, il faut introduire des amplificateurs-répéteurs. Pour des raisons classiques de stabilité, il est nécessaire que l'amplification s'accompagne d'un changement de fréquence. On peut, dès lors, atteindre des portées illimitées, mais avec l'inconvénient que les opérateurs doivent parfois changer de fréquence au cours de leurs déplacements. Des changeurs automatiques de fréquence sont concevables

de optimale waarde van de bijgevoegde capaciteit deze die de kleinste totale verzwakking geeft tussen de zender en de meest verwijderde ontvangstpost. Voor een afstand van 700 m bedekt met 35 stralingsapparaten en met een kabel van 70 Ω bij 60 MHz is de optimale waarde van de toegevoegde capaciteit bij voorbeeld 60 pF. Het overeenkomend insnoeringsverlies bedraagt 0,38 dB.

4. VOORBEELDEN VAN GEBRUIK IN DE MIJN

41. Systeem met één enkele frequentie

Het gaat om het systeem dat schematisch voorgesteld wordt op figuur 1, waarin alle zenders en ontvangers werken op dezelfde frequentie.

Berekent men de totale verzwakking van een volgens dit princiep gebouwde verbinding, door het berekenen van de verbindingen zender — A en B — ontvanger zoals een radioverbinding in de vrije ruimte, dan ziet men dat men best zo laag mogelijke frequenties kan gebruiken.

Ligt de coaxiale kabel goed vrij ten opzichte van de galerijwanden, dan mag men er zich aan verwachten dat hij de rol van geleider vervult, aangezien de kabel en de wanden een soort van coaxiale kabel vormen die de verbindingen zender-A en B-ontvanger kan verbeteren.

Maar wanneer de kabel slecht geplaatst is zoals het geval zal zijn in de pijlers, dan gaan die verbindingen door in een galerij die kan vergeleken worden met een holle geleider met een onderbrekingsfrequentie. Men moet dan een werkingsfrequentie kiezen die hoger ligt dan deze laatste.

Deze en andere redenen betreffende de zend- en ontvangstapparaten hebben het NIEB ertoe gebracht voor zijn proeven een frequentie te kiezen van 68 MHz. De eerste resultaten die men bekomen heeft zijn bemoedigend.

42. Systemen met veranderlijke frequentie

Steunend op de theorie en bij gebrek aan voldoende proefondervindelijke resultaten, voorziet men dat het hierboven beschreven systeem niet boven de grootteorde van de kilometer zal reiken, evenwel in zeer slechte omstandigheden.

Deze beperking is vooral een gevolg van de verzwakking der beide verbindingen zender-A en B-ontvanger, die elk een verlies van zowat 40 dB veroorzaken.

Voor grotere afstanden moet men versterkers-herhalers invoeren. Om klassieke redenen van stabiliteit moet de versterking gepaard gaan met een verandering van frequentie. Van dat ogenblik af is er geen grens meer aan het draagvermogen, met dit nadeel evenwel dat de gebruikers soms van frequentie moeten veranderen terwijl ze zich verplaatsen. In meer geëvolueerde toestellen zouden automatische frequentiewisselaars

pour des appareils évolués, mais pas pour les émetteurs-récepteurs portatifs.

Le système de la figure 7, cependant, ne demande pas de changement de fréquence. Les appareils qui sont du type duplex ou semi-duplex existant sur le marché, émettent tous sur une fréquence f_1 et reçoivent tous sur une fréquence f_2.

kunnen aanwezig zijn, maar dat gaat niet voor draagbare zenders-ontvangers.

Het systeem van figuur 7 vergt evenwel geen verandering van de frequentie. Al de toestellen van het duplex of semi-duplex systeem op de markt zenden onder een frequentie f_1 en ontvangen onder een frequentie f_2.

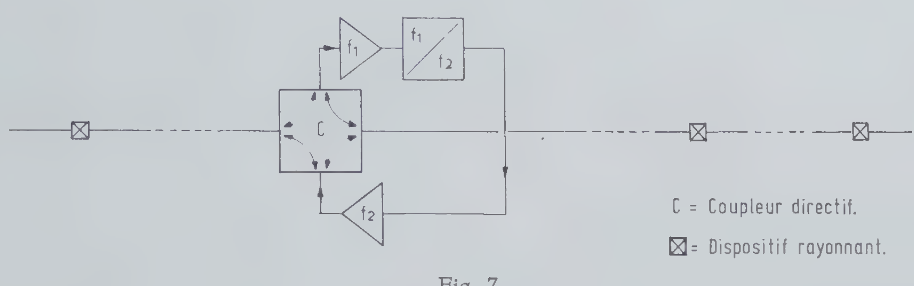


Fig. 7.
Installation de mesure.
Meetinstallatie.

Coupleur directif : gerichte koppeling.
Dispositif rayonnant : stralingsapparaat.

L'amplificateur qui est raccordé au câble par un coupleur directif, reçoit les signaux à f_1 et les renvoie amplifiés à f_2. Une liaison poste-amplificateur ne comporte qu'une fois la perte de 40 dB d'une liaison radio, de sorte que l'on peut espérer que ce système duplex permettra d'atteindre des distances de l'ordre de 3 km.

De versterker die op de kabel aangesloten is door middel van een gerichte koppeling ontvangt signalen op f_1 en zendt ze versterkt terug op f_2. Een verbinding tussen de post en de versterker bedraagt maar één keer het verlies van 40 dB van een radioverbinding, zodat men mag hopen met het duplexsysteem afstanden van 3 km te bereiken.

BIBLIOGRAPHIE — BIBLIOGRAFIE

[1] R. LIEGEOIS. — Télécommunications souterraines et télécommande par radio dans la mine. *Bulletin Technique INIEX « Mines et Carrières »*, n° 117, 1968, octobre, 31 p. Ondergrondse telecommunicaties en radioafstandsbediening in de mijn. *Technisch Tijdschrift NIEB « Mijnen en Groeven »*, nr 117, 1968, oktober, 31 blz.

[2] G. GOUBAU. — Surface waves and their application to transmission line. *J. Appl. Phys.*, Vol. 21, 1950, pp. 1119-1128.

Système de télécommunications par guide d'onde résonnant

Telecommunicatiesysteem met resonnerende golfgeleider

J. DUBOIS (*)

1. INTRODUCTION

Les câbles conducteurs revêtus ou non de matériau diélectrique et jouant un rôle de guide d'onde entre les appareils émetteurs et récepteurs mobiles à faible puissance restent, jusqu'à présent, la meilleure solution pour la transmission radio-électrique dans les milieux souterrains.

Cependant, dans ces systèmes, certaines difficultés subsistent parmi lesquelles nous citons :

1) L'impossibilité d'obtenir un champ électromagnétique de valeur relativement élevée en n'importe quel point de la section transversale de la galerie ainsi équipée.
2) L'atténuation exponentielle des ondes le long du guide d'onde, provoquée par la section irrégulière de la galerie et le pouvoir absorbant de ses parois qui limite la portée de la transmission à quelques centaines de mètres pour un bon rapport signal/bruit.
3) Les pertes importantes qui affectent les couplages par rayonnement entre l'antenne du poste émetteur et le guide d'onde et entre celui-ci et l'antenne du récepteur. Ces pertes par couplage insuffisant constituent la principale faiblesse de ces systèmes et certains expérimentateurs l'estiment à plusieurs dizaines de décibels.

(*) Officier Radio Electronicien de Marine attaché à l'INIEX.

1. INLEIDING

De geleidende kabels, al of niet bedekt met een dielektrische stof en optredend als golfgeleider tussen beweegbare zenders en ontvangers met klein vermogen blijven tot nu toe de beste oplossing voor de radioëlektrische transmissie in de ondergrond.

Toch bieden deze systemen nog steeds sommige moeilijkheden waaronder wij de volgende vermelden :

1) De onmogelijkheid om een elektromagnetisch veld van betrekkelijk hoge waarde te bekomen in eender welk punt van de dwarsdoorsnede der met de golfgeleider uitgeruste galerij.
2) De exponentiele verzwakking van de golf langs de golfgeleider, als gevolg van de onregelmatige galerijsectie en het absorberend vermogen van de wanden, waardoor het draagvermogen van de transmissie beperkt wordt tot enkele honderden meter althans voor een goede verhouding signaal/lawaai.
3) De belangrijke verliezen die bestaan bij de koppeling door straling tussen de antenne van de zender en de golfgeleider en tussen deze laatste en de antenne van de ontvanger. Deze verliezen, te wijten aan onvoldoende koppeling, vormen de voornaamste zwakheid van deze

(*) Radioëlektronisch Officier bij de Zeevaart verbonden aan het NIEB.

4) On déplore souvent l'existence d'ondes stationnaires le long du guide d'onde lorsque la longueur de celui-ci dépasse $\lambda/2$; il s'ensuit que le poste récepteur doté d'une antenne du type magnétique et situé au voisinage d'un nœud de courant ne captera qu'un signal faible, voire nul, et qu'il en sera de même pour un récepteur doté d'une antenne du type électrique situé au voisinage d'un nœud de tension.

Le système décrit ci-dessous vise à pallier ces défauts. Il est constitué par un guide d'onde comportant des moyens pour le mettre en résonance. Les essais effectués en galerie sur un tel système ont donné aux fréquences de quelques centaines de kHz des résultats inespérés.

2. ELABORATION DU SYSTEME

Voici en quelques lignes les raisons qui nous ont amenés à appliquer le phénomène de la résonance au guide d'onde.

On sait que le placement correct d'une ligne bien adaptée ne suffit pas pour éliminer les ondes stationnaires qui apparaissent toujours lorsque la ligne est installée en galerie. En vue de résoudre cette difficulté, nous projetions d'étudier les lignes de longueur inférieure à $\lambda/2$ et notre but était de vérifier le comportement d'une ligne quart d'onde ouverte à ses extrémités. A notre avis, une telle ligne, que nous appellerons doublet replié, était plus facile à observer en utilisant la basse fréquence et, pour la commodité des mesures, une antenne du type magnétique était tout indiquée parce que moins encombrante, plus maniable et directive. C'est donc la composante magnétique EM d'une ligne bifilaire représentée à la figure 1 qui a été mesurée.

Le bas de la figure 2 représente le doublet replié repéré A, installé le long des parois d'une galerie à une distance variant de 0 à 20 cm de celles-ci et raccordé par son extrémité fermée à un générateur.

systemen, en sommige onderzoekers schatten ze op verschillende tientallen decibel.

4) Men heeft vaak af te rekenen met stationnaire golven langs de golfgeleider wanneer deze laatste langer wordt dan $\lambda/2$; daaruit volgt dat een ontvanger met magnetische antenne en opgesteld vlak bij een stroomknoop slechts een zwak signaal zal opvangen, evenals een ontvanger met een antenne van het elektrische type in de nabijheid van een spanningsknoop.

Het hierna beschreven systeem heeft tot doel aan deze nadelen te verhelpen. Het bestaat uit een golfgeleider die uitgerust is om in resonnantie te komen. Proeven uitgevoerd met dit systeem in een galerij hebben bij een frequentie van enkele honderden kHz onverhoopte resultaten gegeven.

2. UITWERKING VAN HET SYSTEEM

Wij geven in het kort de redenen die ons aangezet hebben om het resonnantieverschijnsel op de golfgeleider toe te passen.

Men weet dat het niet volstaat een goed aangepaste lijn onberispelijk te plaatsen om de stationnaire golven te vermijden, die optreden telkens de lijn zich in een galerij bevindt. Om deze moeilijkheid op te lossen namen wij ons voor lijnen te bestuderen met een lengte kleiner dan $\lambda/2$ en ons doel was het gedrag te bestuderen van een lijn van een vierde golflengte die open is aan de uiteinden. Naar onze mening was een soortgelijke lijn, die wij aanduiden met de naam van open lus, gemakkelijk te observeren als men gebruik maakte van de lage frequentie; voor het gemak van de metingen was een antenne van het magnetische type aangewezen omdat ze minder omvangrijk, en gemakkelijker te behandelen en te richten is. Het is dus de magnetische componente EM van een tweeaderige lijn voorgesteld op figuur 1 die gemeten werd.

Beneden op figuur 2 wordt de open lus A voorgesteld die opgehangen is langs de wanden van een galerij op een afstand gaande van 0 tot 20 cm en die aan haar gesloten uiteinde aangekoppeld is op een generator.

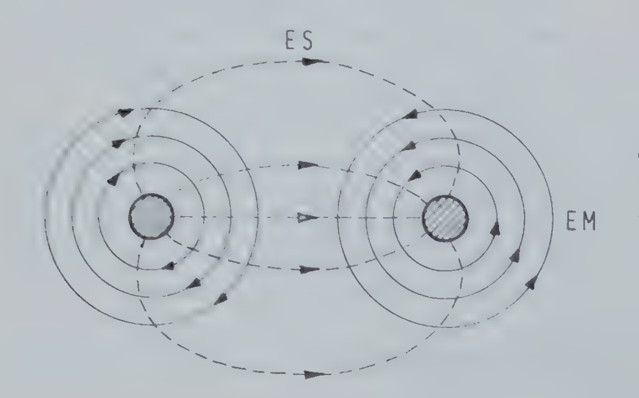


Fig. 1.

Tracé simplifié des lignes de champs électrique (ES) et magnétique (EM) d'un guide d'onde bifilaire.

Vereenvoudigde loop van de elektrische krachtlijnen (ES) en van de magnetische krachtlijnen (EM) van een tweeaderige golfgeleider.

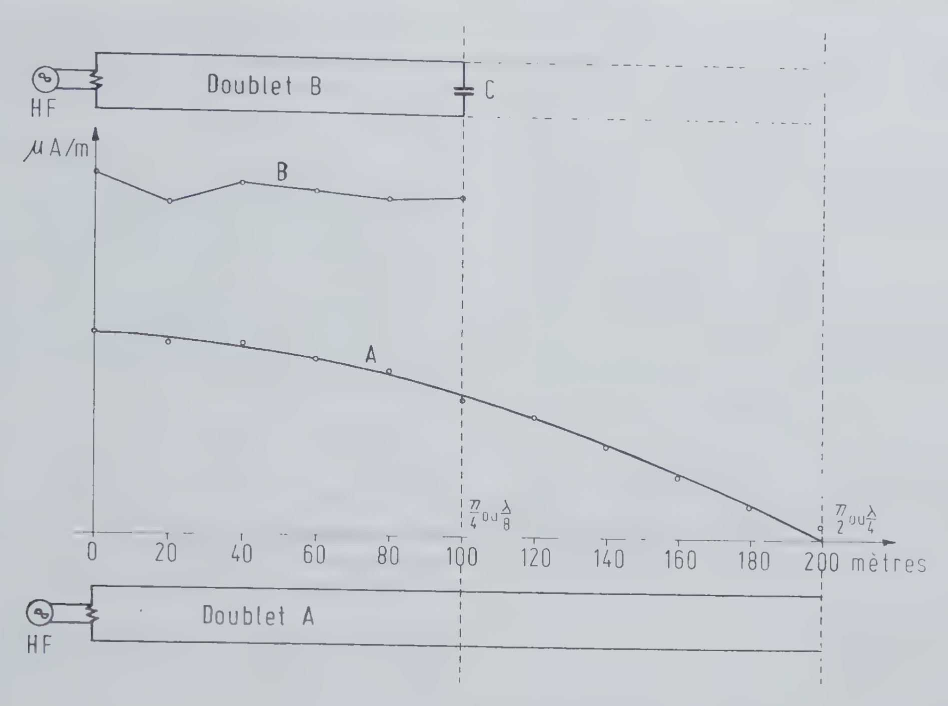


Fig. 2.

Distribution du champ magnétique le long des doublets installés en galeries à la fréquence de 300 kHz.

(A) Doublet normal λ/4 ouvert.
(B) Double tronqué λ/8 complété par un condensateur de valeur appropriée.

Verdeling van het magnetisch veld langs de lussen opgesteld in de galerij, bij een frequentie van 300 kHz.

(A) Gewone open lus λ/4.
(B) Afgeknotte lus λ/8 vervolledig met een condensator met een aangepaste waarde.

La caractéristique A de la représentation graphique indique la valeur du champ magnétique mesurée en chaque point du doublet replié λ/4 d'une longueur de 200 m, lorsque celui-ci est alimenté à son extrémité fermée par une très faible tension appliquée aux bornes d'une résistance de basse valeur.

L'impédance d'entrée d'une telle ligne est nulle. Comme on devait s'y attendre, le courant qui la parcourait était maximum à l'entrée (point milieu du doublet) et décroissait comme la variation du cosinus trigonométrique; il devenait nul à l'extrémité ouverte (c'est-à-dire aux deux extrémités du fil).

La nature physique d'une telle ligne, vue du point milieu du doublet, est égale à celle d'un circuit oscillant série. En ce qui concerne la décroissance du courant, celui-ci atteint encore une valeur égale à $\sqrt{2}/2$ de sa valeur maximum à une distance égale à $\pi/4$ ou λ/8 de l'extrémité fermée.

Il est évident que la toute première partie de ce doublet présente un courant intéressant et l'endroit est tout indiqué pour y situer des émetteurs et des récepteurs dotés d'une antenne du type magnétique.

De karakteristiek A van de grafische voorstelling geeft de waarde van het magnetisch veld gemeten in elk punt van de open lus λ/4, met een lengte van 200 m, wanneer deze gevoed wordt aan het gesloten uiteinde door een zeer lage spanning die aangelegd wordt aan de klemmen van een weerstand met geringe waarde.

De ingangsimpedantie van een dergelijke lijn is nul. Zoals te verwachten was, was de stroom die er door liep het grootst aan de ingang (middelpunt van de lus) en verminderde hij zoals de driehoeksmeetkundige cosinus; hij werd nul aan het open uiteinde (dit wil zeggen aan de twee uiteinden van de draad).

De fysieke kenmerken van een soortgelijke lijn, gezien van uit het middelpunt van de lus, is dezelfde als deze van een oscillerende serieketen. Wat de afnemende stroom betreft bekomt men een waarde van $\sqrt{2}/2$ van de maximale waarde op een afstand gelijk aan $\pi/4$ of λ/8 van het gesloten uiteinde.

Het spreekt vanzelf dat het allereerste gedeelte van deze lus een interessante stroom bezit en dat deze plaats aangewezen is om er zenders en ontvangers te plaatsen met een antenne van het magnetische type.

En ce cas, les enroulements des appareils émetteurs et récepteurs doivent être traversés par les lignes de force électromagnétiques.

Si nous considérons que I_E représente le courant de circulation dans la bobine d'émission et que M_E représente le coefficient d'induction mutuel entre la bobine d'émission et la ligne, on a évidemment, à la pulsation ω, une force électromotrice qui apparaît dans la ligne et qui a pour valeur E: $j\omega M_E I_E$. Dès lors, cette force électromotrice fait circuler dans la ligne un courant I_0 d'autant plus élevé que l'impédance Z_0 de la ligne est faible.

Le même phénomène se reproduit inversément en ce qui concerne l'appareil récepteur; il fait apparaître aux bornes de l'enroulement de réception une force électromotrice dont l'importance varie avec le courant I_0 de la ligne et le coefficient d'induction mutuel M_R entre la ligne et l'enroulement de réception.

La force électromotrice dans l'enroulement de réception vaut : $E_R = j\omega M_R I_0$ et la formule finale de liaison entre les enroulements devient :

$$\frac{E_R}{I_E} = -\frac{\omega^2 M_E M_R}{Z_0}$$

Il y a donc un intérêt évident à réduire l'impédance de la ligne en vue d'assurer un meilleur couplage des appareils. Ceci a été obtenu par l'insertion d'un condensateur, en lieu et place de la seconde portion $\lambda/8$, c'est-à-dire la portion ouverte du doublet étudié. En effet, comme cette seconde portion de ligne a la même nature physique qu'un condensateur, puisque inférieure à $\lambda/4$, il n'y avait aucun inconvénient à la remplacer par la réactance d'un condensateur approprié. Celui-ci repéré C, a été ajusté de manière que l'ensemble du doublet tronqué repéré B résonne sur la même fréquence que celle du doublé repéré A. On a ainsi observé des valeurs de champ supérieures à celles d'origine. Ces valeurs sont représentées par la caractéristique B.

Enfin, la tension d'injection dans le doublet ainsi tronqué étant restée constante, on pouvait en déduire que le Z_0 avait été diminué et que le problème était résolu en ce qui concerne le guide d'onde recherché.

3. REALISATION PRATIQUE

En vue d'assurer de plus grandes distances que celle ayant servi aux essais précités, on réduit l'impédance caractéristique d'une ligne bifilaire servant de guide d'onde en insérant des conden-

In dat geval moeten de wikkelingen van de zenders en ontvangers gelegen zijn in het vlak dat door de elektromagnetische krachtlijnen gesneden wordt.

Noemen wij I_E de stroom door de spoel van de zender en M_E de inductiecoëfficiënt tussen de zendspoel en de lijn, dan heeft men vanzelfsprekend, bij een pulsatie ω, in de lijn een elektromotorische kracht met de waarde E : $j\omega M_E I_E$. Deze elektromotorische kracht doet vervolgens in de lijn een stroom I_0 lopen die des te sterker is naarmate de impedantie van de lijn Z_0 lager is.

Hetzelfde verschijnsel treedt op in omgekeerde richting wat de ontvanger betreft; hij levert aan de klemmen van de ontvangstspoel een elektromotorische kracht waarvan de omvang schommelt met de stroom I_0 op de lijn en de inductiecoëfficiënt M_R tussen de lijn en de ontvangstspoel.

De elektromotorische kracht in de ontvangstspoel is gelijk aan : $E_R = J\omega M_R I_0$ en uiteindelijk wordt het verband tussen beide spoelen uitgedrukt als volgt :

$$\frac{E_R}{I_E} = -\frac{\omega^2 M_E M_R}{Z_0}$$

Men heeft er dus klaarblijkelijk belang bij de impedantie van de lijn te verminderen met het oog op een betere koppeling tussen de toestellen. Men heeft dit bekomen door het inschakelen van een condensator ter hoogte van het tweede stuk $\lambda/8$, dit wil zeggen het open gedeelte van de lus. Vermits immers dit tweede gedeelte van de lijn dezelfde fysieke kenmerken heeft als een condensator, want kleiner dan $\lambda/4$, was er geen beletsel om het te vervangen door de reactantie van een aangepaste condensator. Deze wordt aangeduid door C en werd zo afgesteld dat het geheel van de afgeknotte lus gekenmerkt door B resonneert op dezelfde frequentie als die van de door A aangeduide lus. Op die manier heeft men veldwaarden waargenomen die hoger lagen dan de oorspronkelijke. Deze waarden worden weergegeven door de kromme B.

Tenslotte moet men besluiten, aangezien de geïnjecteerde spanning in de aldus doorgesneden lus constant gebleven was, dat de Z_0 verminderd was en dat het probleem dus opgelost was wat betreft de gezochte golfgeleider.

3. PRAKTISCHE BOUW

Om grotere afstanden te kunnen bestrijken dan bij de zo pas vermelde proef het geval was heeft men de kenmerkende impedantie van een tweeaderige lijn die als golfgeleider gebruikt wordt

sateurs en série dans les conducteurs à des intervalles assez petits et en tout cas inférieurs au quart d'onde. On a réalisé de cette façon une résonance du type série de l'impédance de la ligne à la pulsation de travail.

La partie supérieure de la figure 3 (croquis n° 1) est une vue schématique d'une ligne bifilaire comportant des condensateurs insérés en série dans les conducteurs. Des conducteurs du type monofilaire sont placés le long des parois latérales de la galerie et les extrémités de cette double ligne sont court-circuitées.

verminderd door het inschakelen van condensators in serie met de geleiders op voldoende kleine afstanden, die in elk geval kleiner moeten zijn dan een vierde van de golflengte. Op die manier heeft men een serieresonnantie van de lijn-impedantie bekomen bij de werkpulsatie.

Het bovenste gedeelte van figuur 3 (schets nr 1) is een schema van de tweeaderige lijn met in serie in de geleiders geschakelde condensators. Geleiders van het eenaderige type worden langs de wanden van de galerij geplaatst en de uiteinden van deze dubbele lijn worden kortgesloten.

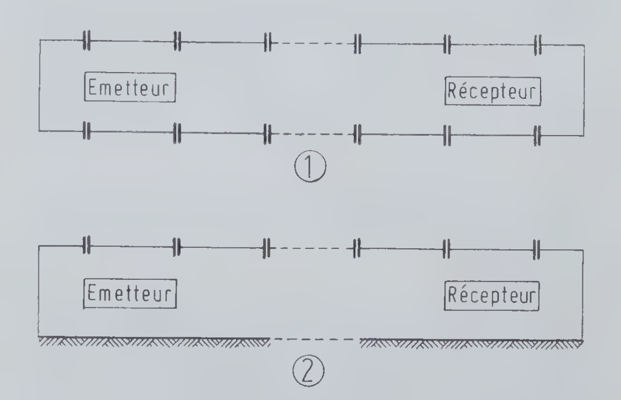


Fig. 3.

Exemples de réalisation pour transmission à grande distance.

Voorbeeld van realisatie voor lange-afstandstransmissie.

Dans ce cas, les émetteurs et les récepteurs à antennes magnétiques sont placés dans le champ magnétique entre les deux conducteurs.

La partie inférieure de la figure 3 (croquis n° 2) représente un guide d'onde avec retour à la terre, les condensateurs sont toujours insérés en série dans le conducteur et les appareils émetteurs et récepteurs sont placés dans le champ magnétique s'établissant entre le conducteur et la terre.

Des essais confirmés par une étude théorique ont montré que, pour les lignes guides d'onde à 2 conducteurs comme celle représentée à la partie supérieure de la figure 3 et telles qu'on peut les construire par exemple dans les galeries souterraines, la résonance s'accompagne d'une forte réduction de l'affaiblissement spécifique du guide d'onde. En outre, l'élimination totale des ondes stationnaires est aisée et a été obtenue par terminaison de chaque portion de ligne sur un condensateur de valeur convenable comme décrit plus haut.

In dat geval worden de zenders en ontvangers met magnetische antennes geplaatst in het magnetisch veld tussen de twee geleiders.

Het onderste gedeelte van figuur 3 (schets nr 2) stelt een golfgeleider voor met terugkeer langs de aarde. De condensators staan nog altijd in serie in de geleider en de zenders en ontvangers staan in het magnetisch veld dat tot stand komt tussen de geleider en de aarde.

Proeven die door een theoretische studie bevestigd werden hebben aangetoond dat de resonnantie bij golfgeleiders met twee geleiders zoals voorgesteld bovenaan op figuur 3 en zoals ze in ondergrondse galerijen kunnen aangelegd worden, gepaard gaat met een sterke vermindering van de specifieke verzwakking van de golfgeleider. Daarenboven bekomt men gemakkelijk de totale uitschakeling van de stationaire golven zoals het geval geweest is door elk deel van de lijn te laten eindigen op een condensator met aangepaste waarde zoals hoger werd beschreven.

4. RESULTATS

Des essais de transmission ont été effectués à l'intérieur de galeries et de tunnels désaffectés à l'aide d'un système guide d'onde résonnant, constitué par des câbles conducteurs monofilaires d'une longueur de 100 m installés le long des parois.

4. RESULTATEN

In het inwendige van verlaten tunnels en galerijen werden transmissieproeven uitgevoerd met behulp van een systeem met resonnerende golfgeleider bestaande uit eenaderige geleiders met een lengte van 100 m opgehangen langs de wanden. Elk

Chacune des portions de 100 m était raccordée l'une à l'autre par un condensateur présentant une capacité d'environ 2700 pF. De plus, un condensateur de même valeur fermait chacune des extrémités de cette double ligne.

Le dispositif émetteur était constitué par un enroulement d'une cinquantaine de spires bobinées autour d'un élément de ferrite de 15 cm de longueur et placé verticalement au milieu de la galerie, à l'intérieur et à quelques mètres de l'une des extrémités de la ligne. L'enroulement émetteur était accordé sur la fréquence de résonance de la ligne au moyen d'un condensateur d'environ 1000 pF et a été alimenté par un générateur basse fréquence. La fréquence de résonance de la ligne et la puissance fournie à l'enroulement émetteur ont été trouvés égaux à respectivement 225 kHz et 2 mW.

Avec un mesureur de champ calibré, on a vérifié que la portée du dispositif émetteur atteignait quelques mètres seulement à la surface, sans guide d'onde.

Les premiers essais à grande distance ont été effectués à la galerie de Crachet à Frameries et ont montré que la portée du dispositif émetteur pouvait atteindre 1,2 km tout en assurant le long de la galerie un signal confortable supérieur au millivolt/m.

Ces essais ont été répétés au tunnel de Lanaye. Celui-ci était équipé du même guide d'onde résonnant sur une longueur de 500 m. Le même dispositif émetteur a été utilisé avec la même fréquence et la même puissance.

A l'aide d'un mesureur de champ, on a vérifié qu'un signal quasi uniformément réparti existait tout le long de la partie du tunnel équipé du guide d'onde. Ce signal a été trouvé égal à 6 mV/m.

stuk van 100 m was met de andere verbonden door middel van een condensator met een vermogen van ongeveer 2700 pF. Bovendien werd elk uiteinde van deze dubbele lijn afgesloten door een condensator met dezelfde waarde.

De zendapparatuur bestond uit een spoel met een vijftigtal wikkelingen omheen een ferrietelement dat vertikaal in het midden van de galerij geplaatst was, binnen en op enkele meters van één der uiteinden van de lijn. De zendspoel was aangesloten op de resonnantiefrequentie van de lijn door middel van een condensator van ongeveer 1000 pF en werd gevoed met een lage-frequentiegenerator. De resonnantiefrequentie van de lijn en het vermogen geleverd aan de zendspoel bleken respectievelijk 225 kHz en 2 mW te bedragen.

Met een gekalibreerde veldmeter heeft men vastgesteld dat het bereik van het zendapparaat slechts enkele meters bedraagt op de bovengrond, zonder golfgeleider.

De eerste grote afstandsproeven werden uitgevoerd in de galerij van Crachet te Frameries en hebben aangetoond dat het bereik van de zender tot 1,2 km kon gaan met langs heel de galerij een behoorlijk signaal van meer dan een millivolt/m.

Deze proeven werden herhaald in de tunnel van Lanaye. Deze bevatte dezelfde resonnerende golfgeleider over een lengte van 500 m. Men gebruikte hetzelfde zendapparaat met dezelfde sterkte.

Met behulp van een veldmeter heeft men vastgesteld dat een haast gelijkmatig verdeeld signaal aanwezig was over heel de lengte van de tunnel die van een golfgeleider was voorzien. Het signaal bleek gelijk te zijn aan 6 mV/m.

Expériences de propagation d'ondes en tunnel

Proefnemingen in verband met radiovoortplanting in tunnels

R. LIEGEOIS (*)

O. INTRODUCTION

Les expériences décrites ci-après ont été préparées pour étayer les propositions défendues par MM. Delogne [1], Deryck [2], Dubois [3] et Longrée [4]. Elles ont été classées en trois chapitres. Le premier traite de la diaphonie entre modes « monofilaire » et « bifilaire ». Le deuxième démontre la possibilité de juguler les ondes radio conduites par un câble coaxial. Le troisième met en évidence la constance du champ magnétique du système de télécommunication par guide d'ondes résonnant.

Le tunnel de Lanaye où les essais ont lieu est représenté à la figure 1. Il est creusé dans la montagne de craie et de marne séparant la vallée de la Meuse (canal Albert) de la vallée du Geer. Les bancs sont peu inclinés, la roche est homogène si on excepte les alignements de silex (coupe verticale 1).

Le tunnel est double (vue en plan 2 et coupe verticale transverse 3) car il a servi lors du creusement de la tranchée de Caster au passage de trains de wagons pleins de terre dans le sens Meuse-Geer et vides dans le sens inverse. Il y a quelques recoupes de dimensions variées. Le tunnel a été utilisé par la suite comme champignonnière puis abandonné, il y a quelques années, parce que l'eau envahit périodiquement les points bas. L'Offinavi assure la surveillance des lieux et les met gracieusement à la disposition de l'INIEX.

(*) Ingénieur civil des Mines, Ingénieur géologue, attaché à l'INIEX.

O. INLEIDING

De hierna beschreven proefnemingen werden opgezet tot staving van de voorstellen geformuleerd door de heren Delogne, Deryck, Dubois en Longrée. Ze worden onderverdeeld in drie hoofdstukken. Het eerste behandelt de diafonie tussen de « eenaderige » en de « tweeaderige » voortplantingswijze. Het tweede toont de mogelijkheid aan om door een coaxiale kabel geleide radiogolven te smoren. Het derde levert het bewijs van het bestaan van een constant magnetisch veld bij het telecommunicatiesysteem met resonnerende golfgeleider.

De tunnel van Lanaye waar de proeven uitgevoerd werden, wordt voorgesteld op figuur 1. Hij is gedreven in de krijt- en tufsteenheuvel die de Maasvallei (Albertkanaal) scheidt van de Jekervallei. De banken hebben een geringe helling, het gesteente is homogeen met uitzondering van de silexstrepen (vertikale doorsnede 1).

Het betreft een dubbele tunnel (grondplan 2 en dwarsdoorsnede 3); hij diende immers bij het graven van de Casterstrook voor het transport van met aarde gevulde wagens in de richting Maas-Jeker en van ledige wagens in omgekeerde richting. Er zijn enkele dwarsgangen met verschillende afmetingen. Vervolgens werd de tunnel gebruikt als paddestoelkwekerij maar dan weer verlaten omdat het water periodisch de laagste punten overspoelde. De Dienst der Scheepvaart houdt toezicht over deze plaatsen en heeft ze bereidwillig ter beschikking gesteld van het NIEB.

(*) Burgerlijk Mijningenieur, Aardkundig Ingenieur verbonden aan het NIEB.

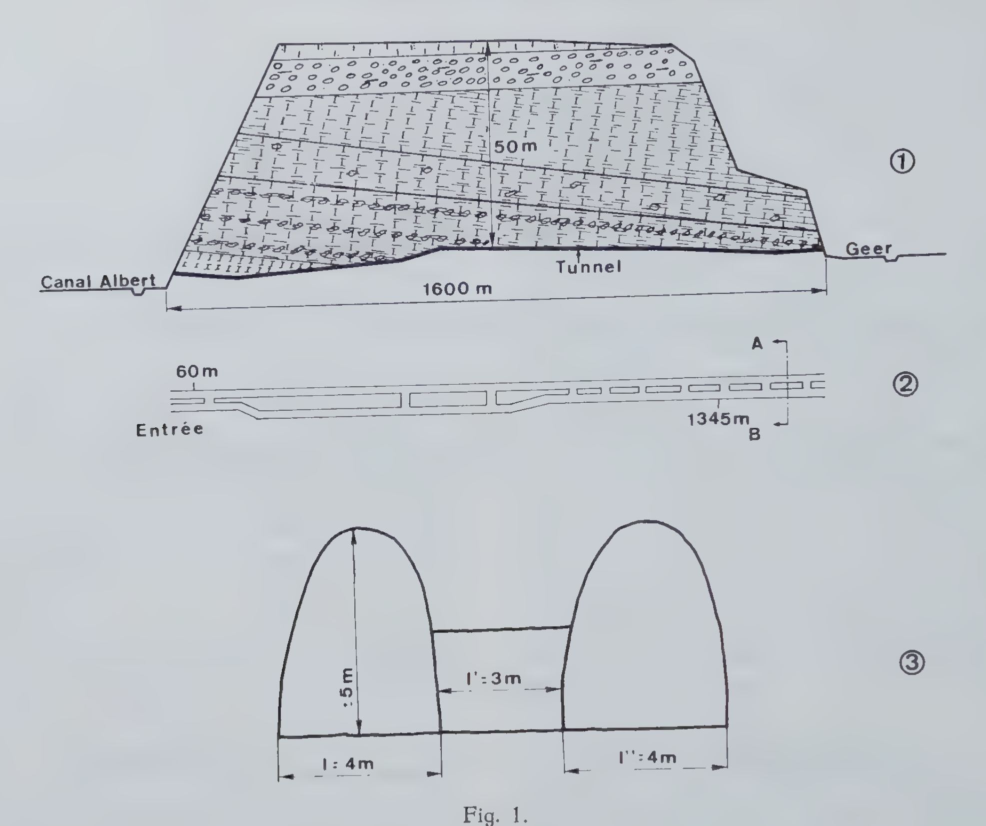


Fig. 1.

Tunnel double de Lanaye.
1. Coupe verticale en long.
2. Vue en plan.
3. Coupe verticale transverse suivant A-B.

Dubbele tunnel van Lanaye.
1. Vertikale langsdoorsnede.
2. Grondplan.
3. Vertikale dwarsdoorsnede volgens A-B.

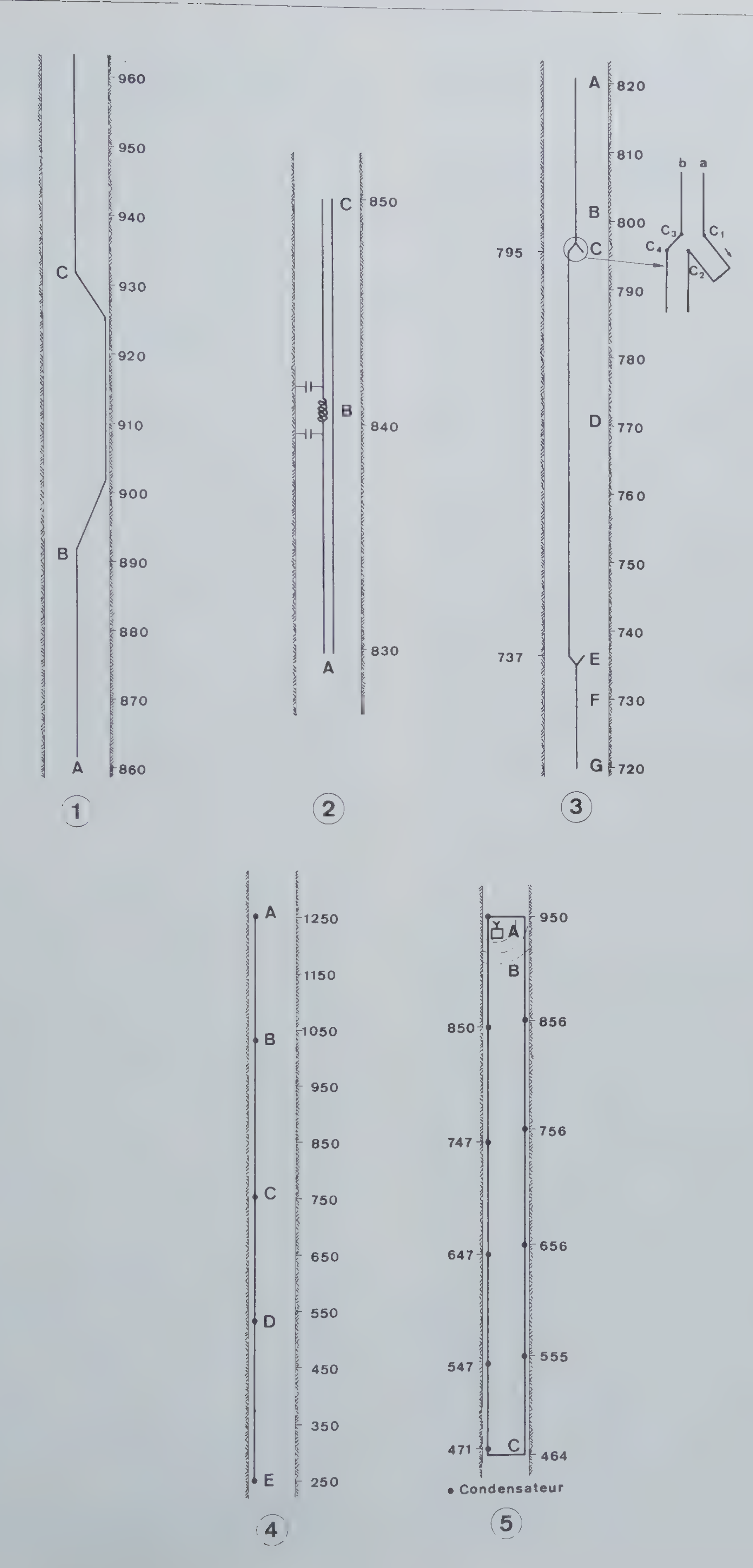
Les galeries tiennent sans soutènement. Elles ont été totalement désarmées. Il n'y a donc aucun élément conducteur ou réflecteur parasitaire. En l'absence de câble, on ne reçoit pas les émissions de walkies-talkies placés à l'extérieur du tunnel, ni les programmes nationaux de radiodiffusion. Pour éviter toute perturbation que pourrait provoquer la présence d'un câble électrique lors des expériences, tous les appareils de mesure et d'éclairage sont alimentés par batterie.

De galerijen blijven open zonder ondersteuning. Ze werden volledig leeggehaald. Er is dus geen enkele parasiet die zou kunnen geleiden of weerkaatsen. Zonder kabel ontvangt men de uitzending niet van een walkie-talkie die zich buiten de tunnel bevindt evenmin als de programma's van de nationale zenders. Om iedere storing te vermijden die tijdens de proefnemingen zou kunnen veroorzaakt worden door elektrische kabels, werden alle meet- en verlichtingstoestellen gevoed met batterijen.

Fig. 2.

1. Diaphonie entre modes « monofilaire » et « bifilaire ». Effet de paroi.
2. Conversion d'un mode monofilaire en mode bifilaire par ligne artificielle.
3. Conversion d'un mode monofilaire en mode bifilaire par ligne réelle.
4. Système de télécommunication par guide d'ondes à dispositif rayonnant.
5. Système de communication par guide d'ondes résonnant.

1. Diafonie tussen de « éénaderige » en de « tweeaderige » voortplanting. Wandeffect.
2. Omzetting van de eenaderige in de tweeaderige voortplanting met behulp van een kunstmatige lijn.
3. Omzetting van de eenaderige in de tweeaderige voortplanting met behulp van een werkelijke lijn.
4. Telecommunicatiesysteem met golfgeleider en stralingsapparaten.
5. Telecommunicatiesysteem met resonnerende golfgeleider.


960
950
940
C
930
920
910
900
B
890
880
870
A
860
1
C
850
B
840
830
A
2
A
820
810
B
800
795
C
790
b
a
C3
C1
C4
C2
780
D
770
760
750
740
737
E
F
730
G
720
3
A
1250
1150
B
1050
950
850
C
750
650
D
550
450
350
E
250
4
950
A
B
850
856
747
756
647
656
547
555
471
C
464
• Condensateur
5

1. MESURES SUR CABLES BIFILAIRES A L'AIDE D'UN GENERATEUR DE FREQUENCES ET D'UN OSCILLOSCOPE A DOUBLE TRACE

11. Diaphonie entre modes « monofilaire » et « bifilaire »

111. Excitation en phase (fig. 2-1)

Les deux conducteurs d'une ligne bifilaire sont court-circuités en A et branchés directement à la sortie d'un générateur de fréquences. Dans ces conditions, on est certain que les deux conducteurs de la ligne bifilaire sont excités en phase au point A. Au point B situé à une trentaine de mètres du générateur, on vérifie le synchronisme des tensions sur les deux conducteurs de la ligne suspendue au milieu de la galerie (fig. 3).

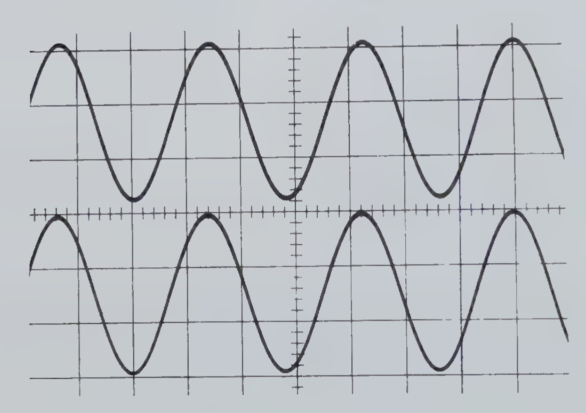


Fig. 3.
Tensions synchronisées sur une ligne bifilaire.
Gesynchroniseerde spanningen op een tweeaderige lijn.

A partir du point B et jusqu'au point C, la ligne est rapprochée de la paroi, ce qui constitue en quelque sorte une mise à la terre sans qu'il y ait cependant un contact franc entre les conducteurs en cuivre et la paroi, car les conducteurs sont isolés. En connectant les deux sondes de l'oscilloscope aux deux conducteurs du bifilaire au point C, on peut vérifier l'existence d'un déphasage entre les tensions et ce déphasage est dû au déséquilibre que provoque le rapprochement du câble bifilaire et de la paroi (fig. 4).

112. Excitation en opposition de phases

Dans cette manipulation, les deux conducteurs du bifilaire sont nettement séparés en A et branchés séparément à la sortie d'un transformateur symétrique - asymétrique. Le côté « symétrique » de ce transformateur est lui-même connecté à la sortie du générateur de fréquence. De cette façon, on est certain d'exciter en opposition de phases le câble bifilaire au point A.

En plaçant l'oscilloscope de mesure successivement en B et en C, on constate que les tensions mesurées en ces endroits sont plus élevées qu'elles

1. METINGEN OP TWEEADERIGE KABELS MET BEHULP VAN EEN FREQUENTIE-GENERATOR EN EEN DUBBELSPOOR-OSCILLOSCOOP

11. Diafonie tussen de « eenaderige en de « tweeaderige » voortplantingswijze

111. Opwekking in faze (fig. 2-1)

De twee geleiders van een tweeaderige lijn worden kortgesloten in A en rechtstreeks gekoppeld aan de uitgang van de frequentiegenerator. In die omstandigheden is men er zeker van dat de twee geleiders van de tweeaderige lijn in faze opgewekt worden in punt A. In punt B, gelegen op een dertigtal meter van de generator, controleert men het synchronisme van de spanningen op beide geleiders die in het midden van de galerij zijn opgehangen (fig. 3).

Van punt B af en tot in punt C wordt de lijn dichter bij de wand gebracht, hetgeen in zekere zin een aardcontact betekent zonder dat er een rechtstreeks contact is tussen de koperen geleiders en de wand, want de geleiders zijn geïsoleerd. Door de twee sondes van de oscilloscoop te verbinden met de twee geleiders van de tweeaderige lijn in punt C kan men nagaan dat er een fazeverschil is tussen de spanningen en dat dit fazeverschil zijn oorsprong vindt in het onevenwicht als gevolg van het feit dat de tweeaderige lijn dichter bij de wand gekomen is (fig. 4).

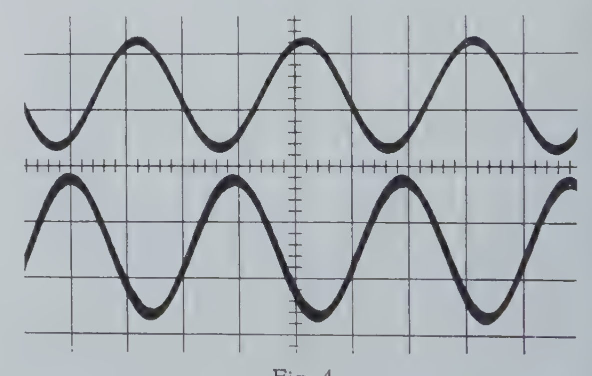


Fig. 4.
Tensions déphasées sur une ligne bifilaire.
Gedefazeerde spanningen op een tweeaderige lijn.

112. Opwekking met tegenstelling van de fazen

In dit geval worden de twee geleiders van de tweeaderige lijn degelijk gescheiden in A en afzonderlijk aangesloten aan de uitgang van een symmetrisch-assymmetrische transformator. De symmetrische zijde van deze transformator wordt zelf verbonden met de uitgang van de frequentiegenerator. Op die manier is men er zeker van dat de tweeaderige lijn in A met tegenstelling van de fazen wordt opgewekt.

Plaatst men de meetoscilloscoop achtereenvolgens in B en C, dan bemerkt men dat de spannin-

ne l'étaient lors de l'excitation en phase (cfr. 111).

Ces deux manipulations successives ont démontré, d'une part, qu'il est possible de provoquer un déphasage sur une ligne bifilaire par le simple déplacement de la ligne pour la rapprocher d'une paroi et, d'autre part, que la tension du signal transmis lorsque le câble travaille en « bifilaire » est plus élevée que lorsqu'il travaille en « monofilaire ».

12. Conversion d'un mode monofilaire en mode bifilaire

121. Par ligne artificielle (fig. 2-2).

Un câble bifilaire est suspendu au milieu de la galerie et est relié en A à la sortie d'un générateur de fréquences qui excite donc cette ligne en phase. En B, on a intercalé dans la ligne une ligne à retard à constantes localisées que nous représentons par le signe distinctif d'une self. Au moyen des deux sondes d'un oscilloscope branché sur les deux conducteurs en C, on vérifie qu'il y a opposition de phases engendrée par la ligne à retard.

122. Par ligne réelle (fig. 2-3).

Le passage d'un mode de propagation à ondes stationnaires à un mode de propagation à ondes progressives et vice-versa peut être réalisé en utilisant uniquement un câble bifilaire. La démonstration a été faite au moyen d'une coupe de câble bifilaire de 100 m de longueur et d'un générateur de fréquences fonctionnant pour la circonstance à 68 MHz parce que c'est une fréquence pour laquelle on trouve des émetteurs-récepteurs agréés pour les mines.

Le tronçon A-C mesure 24 m, soit à peu près six fois la longueur d'onde. Au point C, la disposition est telle qu'elle apparaît sur l'agrandissement voisin. La distance C_1 à C_2 parcourue par le courant circulant dans le conducteur a est plus grande que la distance C_3 - C_4 et la différence de longueur — $\lambda/2$ dans le cas de l'expérience — peut être choisie pour provoquer un certain déphasage entre les courants parcourant a et b.

De la même façon, au point E on peut provoquer à nouveau un déphasage tel que les deux courants soient remis en phase au moment d'entrer dans le tronçon EFG.

Le générateur de fréquences a été branché en A de telle manière que le câble soit excité en mode monofilaire. Au moyen d'un oscilloscope, on a vérifié le synchronisme des tensions à une vingtaine de mètres du générateur au point B. En un point quelconque D du tronçon C-E, on peut vérifier le déphasage provoqué par la disposition particulière des éléments de la ligne au

gen die in deze punten gemeten worden nu hoger liggen dan in het geval van opwekking in faze (cfr 111).

Deze twee proeven hebben aangetoond, enerzijds dat het mogelijk is de defazering van een tweeaderige lijn te bekomen enkel door deze lijn dichter bij de wand te brengen, en anderzijds dat de spanning van het signaal hoger is wanneer de kabel als « tweeaderige » geleider werkt dan wanneer hij als « eenaderige » geleider werkt.

12. Omzetting van de eenaderige in de tweeaderige voortplanting

121. Door middel van een kunstmatige lijn (fig. 2-2)

Een tweeaderige kabel wordt opgehangen in het midden van de galerij en in A verbonden met de uitgang van een frequentiegenerator die deze lijn bijgevolg opwekt in faze. In B heeft men in deze lijn een vertragingslijn ingeschakeld, met gelokaliseerde constanten, die wij voorstellen door het conventionele teken van een zelfinductie. Met behulp van de twee sondes van een oscilloscoop die in C op de twee geleiders wordt aangekoppeld stelt men vast dat er door de vertragingslijn een tegenstelling in de fazen werd veroorzaakt.

122. Door middel van een werkelijke lijn (fig. 2-3)

De overgang van de voortplanting door stationnaire golven op de voortplanting door progressieve golven en omgekeerd kan bekomen worden door het gebruik van een tweeaderige kabel zonder meer. De demonstratie werd gehouden met behulp van een stuk tweeaderige kabel van 100 m lengte en een frequentiegenerator die voor deze gelegenheid werkte op een frequentie van 68 MHz, omdat men voor die frequenties zenders-ontvangers vindt die aangenomen zijn voor de mijnen.

Het stuk A-C is 24 m lang, hetzij ongeveer zes keer de golflengte. In punt C is de schikking deze die weergegeven wordt op de vergroting ernaast. De afstand van C_1 tot C_2 die doorlopen wordt door de stroom in de geleider a is groter dan de afstand C_3-C_4 en het verschil in lengte — $\lambda/2$ in het geval van de proef — kan zo gekozen worden dat er een bepaalde defazering uit volgt tussen de stromen die langs a en langs b komen.

Op dezelfde manier kan men in punt E weerom een defazering veroorzaken zodat de twee stromen weer in faze zijn als ze in het stuk EFG binnengaan.

De frequentiegenerator werd aangekoppeld in A zodat de kabel volgens het eenaderig stelsel wordt opgewekt. Met behulp van een oscilloscoop heeft men het synchronisme vastgesteld van de spanningen op een twintigtal meter van de generator, in punt B. In een willekeurig punt D van het stuk

point C. En un point F quelconque du tronçon E-G, on vérifiera le synchronisme des tensions amené par le dispositif placé en E identique au dispositif placé en C.

Au moyen d'un mesureur de champ, on vérifie que l'énergie rayonnée par le câble dans les tronçons A-C et E-G est plus importante que l'énergie rayonnée dans le tronçon C-E.

Cette manipulation démontre qu'il est possible de passer d'un mode de propagation à un autre sans autre moyen que le câble guide d'ondes lui-même. L'énergie rayonnée par le câble dépend de la prépondérance d'un des deux modes de propagation.

2. SYSTEME DE TELECOMMUNICATION PAR GUIDE D'ONDES A DISPOSITIF RAYONNANT (fig. 2-4)

Un câble coaxial de très bonne qualité, utilisé pour les réseaux de télédistribution et ne rayonnant par conséquent pas, est posé à même le sol contre la paroi sur une longueur de 750 m. Les essais ont lieu avec des handies-talkies Saitfone travaillant en fréquence modulée à 68 MHz. La ligne est interrompue en B, C et D où sont placés des dispositifs rayonnants construits en suivant les instructions du Professeur Delogne.

Un opérateur se place en A pendant toute la durée des essais et procède à des émissions. Un deuxième opérateur s'écarte de A avec un récepteur et perd le contact avant d'arriver au point B parce que les ondes sont absorbées par les parois de la galerie. Quand il arrive à une quinzaine de mètres du point B, il entend à nouveau son correspondant placé en A grâce au dispositif rayonnant placé en B. Tandis qu'il poursuit sa progression vers le point B, l'écoute est constante et le reste jusqu'au-delà du point B à une quinzaine de mètres. Ensuite, l'opérateur qui continue à progresser avançant vers le point C perd le contact et ne le retrouve qu'à proximité du dispositif rayonnant placé en C. S'il continue sa progression, il perd à nouveau le contact pour le retrouver au point D.

Pendant cette expérience, un opérateur placé à proximité du dispositif rayonnant D reste constamment en contact avec A, mais ne peut entrer en communication avec l'opérateur mobile que lorsque ce dernier passe à hauteur des dispositifs rayonnants et dans une zone qui les entoure, dont la dimension peut être réglée par un ajustage des dispositifs rayonnants.

Dans une seconde phase de l'expérimentation, on enlève le dispositif rayonnant central placé au point C et on le remplace par un raccord

C-E, kan men de defazering vaststellen die veroorzaakt werd door de speciale opstelling van de lijnelementen in punt C. In een willekeurig punt F van het stuk E-G stelt men vast dat de spanningen synchroon zijn, tengevolge van de opstelling in E die identiek dezelfde is als die in C.

Met behulp van een veldmeter stelt men vast dat de door de kabel uitgestraalde energie groter is in de stukken A-C en E-G dan in het stuk C-E.

Deze proef toont aan dat het mogelijk is over te gaan van de ene voortplantingswijze op de andere zonder ander middel dan de golfgeleider zelf. De door de kabel uitgestraalde energie hangt af van het overwicht van één der voortplantingswijzen.

2. TELECOMMUNICATIESYSTEEM DOOR MIDDEL VAN GOLFGELEIDERS EN STRALINGSAPPARATEN (fig. 2-4)

Een coaxiale kabel van zeer goede kwaliteit, die gebruikt wordt voor teledistributie en dus geen uitstraling heeft, wordt tegen de grond gelegd langs de wand over een lengte van 750 m. De proeven worden uitgevoerd met handies-talkies Saitfone op een frequentiemodulatie van 68 MHz. De lijn wordt onderbroken in B, C en D, waar stralingsapparaten geplaatst worden, die gebouwd werden volgens de aanwijzingen van professor Delogne.

Een operateur blijft gedurende heel de proef in A en zendt uit. Een tweede operateur verwijdert zich van A met een ontvangsttoestel, en verliest het contact vooraleer hij in B is, omdat de golven door de wanden van de galerij worden geabsorbeerd. Gekomen op een vijftiental meter van punt B hoort hij opnieuw zijn gesprekspartner in A, dank zij het in B geplaatste stralingsapparaat. Wanneer hij tot B nadert blijft de ontvangst onveranderd en dat is ook zo tot hij een punt bereikt heeft een vijftiental meter voorbij B. Dan verliest de operateur, die verder gaat in de richting van C, het contact en hij krijgt het pas terug in de nabijheid van het stralingsapparaat dat geplaatst is in C. Gaat hij verder dan verliest hij weer het contact tot hij het terugkrijgt in punt D.

Tijdens deze proef blijft een operateur die nabij het stralingsapparaat in D is, voortdurend in contact met A, terwijl hij met de beweeglijke operateur slechts verbinding heeft wanneer deze laatste zich bevindt ter hoogte van de stralingsapparaten of in de omgeving daarvan, omgeving waarvan de uitgestrektheid kan geregeld worden door het afstellen van de stralingsapparaten.

In een tweede gedeelte van de proefneming wordt het stralingsapparaat in het centrale punt C weggenomen en vervangen door een gewoon tele-

ordinaire de télédistribution. On peut alors vérifier qu'en cet endroit, même à proximité du raccord, il est impossible d'écouter l'opérateur qui émet en A. L'opérateur resté en D peut, quant à lui, continuer à converser avec l'opérateur situé en A.

Cette manipulation démontre la possibilité de maîtriser les ondes en plaçant des dispositifs rayonnants aux endroits où ils sont jugés nécessaires. Les dispositifs rayonnants ayant une perte très faible, on peut en disposer un grand nombre sur une ligne, mais on peut aussi laisser des tronçons de ligne sans dispositif rayonnant dans les endroits où la conversation n'est pas indispensable. Ces longs tronçons sans dispositif rayonnant n'entravent pas les communications entre observateurs éloignés.

3. SYSTEME DE COMMUNICATION PAR GUIDE D'ONDES RESONNANT (fig. 2-5)

Le guide d'ondes est constitué en fait de deux conducteurs placés chacun contre une paroi de la galerie. La résonance est obtenue par l'insertion à des intervalles inférieurs au quart d'onde de condensateurs en série avec le conducteur. Pour démontrer l'intérêt de ces condensateurs, l'expérience est conduite de la manière suivante. Avant de commencer les mesures, on relie entre eux les deux conducteurs aux deux extrémités du réseau rectiligne établi entre les cotes 464 et 950. D'autre part, les condensateurs sont court-circuités au moyen de bouts de ligne placés en parallèle. L'émission se fait à basse fréquence (200 à 300 kHz) au moyen d'un émetteur travaillant en modulation d'amplitude et d'antenne ferrite.

Un opérateur se déplace à partir du point A où se trouve l'émetteur vers D et au-delà dans toute la zone circonscrite par la ligne de transmission. Le signal reçu par le mesureur de champ est assez élevé à proximité de l'antenne émettrice en A, mais il faiblit rapidement à mesure qu'on s'en écarte et prend une valeur relativement basse dès qu'on est à une dizaine de mètres (la puissance de l'émetteur est relativement faible afin que le champ de propagation directe n'intervienne qu'à très courte distance de l'antenne émettrice).

A mesure que l'opérateur s'écarte du point B vers C, la valeur du champ fluctue et dans l'ensemble elle faiblit. Lorsque l'opérateur est arrivé en C , on enlève les bouts de conducteurs qui court-circuitaient les condensateurs et, en se déplaçant de C vers B avec le mesureur de champ, on peut vérifier que le champ est uniforme dans toute la galerie.

Nous avons eu personnellement l'occasion de vérifier ce phénomène avec un circuit similaire

distributiecontact. Men stelt vast dat het in dat punt en zelfs in de nabijheid van de koppeling, onmogelijk is de zender in A op te vangen. De operateur in D kan van zijn kant verder spreken met de operateur in A.

Deze proefneming toont de mogelijkheid aan om de golven te beheersen door het plaatsen van stralingsapparaten in punten waar ze nodig geacht worden. Aangezien de stralingsapparaten een zeer klein verlies hebben kan men er een groot aantal plaatsen op een lijn, maar men kan ook bepaalde gedeelten van een lijn zonder stralingsapparaten laten als de communicatie er onnodig is. Deze lange stukken zonder stralingsapparaten hebben geen nadelige invloed op de communicatie tussen ver van elkaar verwijderde operateurs.

3. TELECOMMUNICATIESYSTEEM MET RESONNERENDE GOLFGELEIDERS (fig. 2-5)

De golfgeleider bestaat in werkelijkheid uit twee geleiders elk tegen één van de galerijwanden gehangen. De resonnantie wordt bekomen door het inschakelen over afstanden die minder dan een vierde van de golflengte bedragen, van condensators in serie met de geleider. Om het belang van deze condensators aan te tonen wordt de proef georganiseerd als volgt. Vóór de metingen aanvangen verbindt men de twee geleiders onderling aan de twee uiteinden van het rechtlijnig net dat bestaat tussen de punten 464 en 950. Anderzijds worden de condensators kortgesloten met behulp van parallel geplaatste lijnstukken. De uitzending gebeurt op lage frequentie (200 tot 300 KHz) met behulp van een zender werkend op amplitudemodulatie en met ferrietantenne.

Een operateur verplaatst zich vertrekkend van in punt A waar de zender staat naar D en verder in heel de zone omgeven door de transmissielijn. Het door de veldmeter opgevangen signaal is tamelijk sterk in de omgeving van de zendantenne in A, maar verzwakt snel naarmate men zich verwijdert en wordt tamelijk laag zodra men een tiental meter ver is (het vermogen van de zender is betrekkelijk zwak genomen opdat het rechtstreeks voortgeplant veld slechts zou tussenkomen op geringe afstand van de zendantenne).

Naarmate de operateur zich verwijdert van B naar C schommelt de waarde van het veld en over het algemeen genomen vermindert ze. Wanneer de operateur in C gekomen is verwijdert men de lijnstukken die de condensators kortsluiten en wanneer men nu van C naar B gaat met de veldmeter stelt men vast dat het veld gelijkmatig is in heel de galerij.

Wij hebben persoonlijk de gelegenheid gehad om dit verschijnsel waar te nemen met een soort-

établi sur 1300 m de longueur dans un autre tunnel établi dans les sous-sols des terrains de la division de Pâturages et il n'est pas douteux que cette distance puisse être dépassée.

A l'occasion de ces diverses expériences, on a pu montrer que la valeur des condensateurs n'est pas critique.

4. CONCLUSION

Le câble bifilaire est un guide d'ondes précieux parce qu'il n'est pas cher et qu'on peut l'installer rapidement à peu près n'importe où. On peut en améliorer le fonctionnement par des dispositions ou des dispositifs peu coûteux; il aide à la propagation d'ondes radio dans des gammes de fréquences pour lesquelles on trouve sur le marché des émetteurs-récepteurs de qualité agréés pour les mines et des émetteurs-récepteurs bon marché dont se contenteront certains utilisateurs. Le seul câble de téléphone que le sauveteur déroule derrière lui dans la mine convient parfaitement à la transmission de mode bifilaire. S'il est rompu ou court-circuité, les communications téléphoniques ne sont plus possibles, mais si le sauveteur est équipé d'un petit émetteur-récepteur, la ligne, même endommagée, conduira encore ses signaux. La mise en place d'un câble bifilaire dans les gouffres et les cavernes donnerait aux spéléologues équipés d'un handie-talkie la garantie de pouvoir rester en contact de manière permanente avec leurs collègues restés en surface.

Dans les conditions habituelles d'utilisation, il peut y avoir à notre insu une modification de la répartition des modes de propagation le long du câble bifilaire et c'est pourquoi l'établissement d'un réseau fidèle nécessite encore l'intervention d'un homme d'expérience.

Le câble coaxial sans perte peut précisément relayer le câble bifilaire là où il est difficile de maîtriser le comportement de ce dernier. Nous songeons au cas particulièrement délicat des longues tailles où l'on est pratiquement condamné à placer le câble dans les haussettes du convoyeur blindé dans un lot d'autres câbles et où, par conséquent, un guide d'ondes bifilaire peut être fortement influencé par les masses qui l'entourent. On peut espérer que le câble coaxial et les dispositifs rayonnants INIEX/Delogne apporteront une solution à des problèmes de ce genre.

Dans les galeries et dans les endroits où il est possible d'établir un conducteur bifilaire sous la forme de deux lignes monofilaires parallèles, le système de télétransmission par guide d'ondes

gelijke keten over een lengte van 1.300 m in een andere tunnel in de ondergrond van de terreinen der afdeling van Pâturages en het lijdt geen twijfel dat men nog verder kan gaan.

Ter gelegenheid van deze verschillende proefnemingen heeft men kunnen vaststellen dat de waarde der condensators niet kritisch is.

4. BESLUITEN

De tweeaderige kabel is een zeer nuttige golfgeleider, want hij is niet duur en kan snel geïnstalleerd worden op nagenoeg iedere plaats. Men kan zijn werking verbeteren door weinig kostelijke schikkingen of apparaten; hij is dienstig voor de voortplanting van radiogolven in frequentiegamma's waarvoor men op de markt zendersontvangers vindt die aangenomen zijn voor de mijnen en van goede kwaliteit zijn, alsook goedkope zenders-ontvangers waar sommige gebruikers zich zullen mee tevreden stellen. Alleen reeds de telefoonkabel die de redder achter zich afrolt in de mijn is volkomen geschikt voor de eenaderige voortplanting. Zo de kabel onderbroken wordt of kortgesloten is de telefoonverbinding verbroken maar wanneer de redder een kleine zender-ontvanger heeft zal de lijn alhoewel beschadigd zijn signalen nog doorgeven. Met een tweeaderige kabel die zou geplaatst zijn in kloven en grotten zouden de speleologen die uitgerust zijn met een handie-talkie er zeker van zijn, in contact te kunnen blijven op permanente wijze met hun collega's op de bovengrond.

In de gewone toepassingsomstandigheden kan er volgens ons nog een wijziging optreden in de voortplanting langsheen de tweeaderige kabel en daarom moet een net, om betrouwbaar te zijn, nog door een bevoegde persoon worden opgericht.

De verliesloze coaxiale kabel kan de tweeaderige kabel vervangen juist op die plaatsen waar men de gedragingen van deze laatste niet gemakkelijk beheerst. Wij denken hierbij aan het bijzonder ingewikkeld geval van de lange pijlers waar men praktisch gedwongen is de kabel onder te brengen onder de opzetplaten van de pantsertransporteur samen met een bundel van andere kabels en waar een tweeaderige golfgeleider bijgevolg sterk zal beïnvloed worden door de omringende massa's. Men mag hopen dat de coaxiale kabel en de stralingsapparaten NIEB/Delogne een oplossing zullen bieden voor soortgelijke problemen.

In de galerijen en op de plaatsen waar het mogelijk is een tweeaderige geleider op te hangen onder de vorm van twee parallele éénaderige geleiders, is het teletransmissiesysteem met resonnerende golfgeleiders volkomen aangewezen. Ook hier moet men omzichtig zijn wat een schatting

résonnant est tout indiqué. Ici aussi, il convient d'être prudent dans les estimations des limites du procédé. L'obligation d'insérer les condensateurs à des intervalles inférieurs au quart d'onde empêche actuellement de monter en fréquence au-delà de quelques MHz. Par contre en basse fréquence (70 kHz et moins), on peut être gêné par les parasites. Dans l'état actuel de nos connaissances, il paraît cependant établi que ce système conviendra notamment pour la transmission d'ordres dans des galeries, ces ordres étant transférés, par exemple, sous la forme d'impulsions codées et à des fréquences de l'ordre de quelques centaines de kHz.

Au vu des résultats déjà atteints jusqu'à présent, on peut espérer aboutir bientôt à la mise en place de systèmes de télétransmission qui sont de plus en plus demandés et qui auront d'autant plus d'applications que le poids et l'encombrement des émetteurs-récepteurs portatifs diminuent rapidement grâce notamment à l'introduction des circuits intégrés.

BIBLIOGRAPHIE

P. DELOGNE. — Les liaisons radio-électriques par câble coaxial dans la mine. **Annales des Mines de Belgique**, juillet-août 1970.

L. DERYCK. — Etude des modes de propagation d'ondes électromagnétiques susceptibles d'exister sur une ligne bifilaire en milieu souterrain. **Annales des Mines de Belgique**, juillet-août 1970.

J. DUBOIS. — Système de télécommunications par guide d'onde résonnant. **Annales des Mines de Belgique**, juillet-août 1970.

G. LONGREE. — La radio sous terre : solutions... et problèmes ! **Annales des Mines de Belgique**, juillet-août 1970.

van de toepassingsgrenzen van het procédé betreft. De voorwaarde dat de condensators moeten ingeschakeld worden over afstanden die minder bedragen dan een vierde van de golflengte belet ons momenteel in frequentie te stijgen boven enige MHz. Daarentegen kan men op lage frequentie (70 kHz en minder) last hebben van parasieten. Zoals onze kennis er nu voorstaat schijnt het nochtans vast te staan dat het systeem meer bepaald geschikt is voor het overbrengen van bevelen in de galerijen, waarbij deze orders bij voorbeeld zullen overgebracht worden onder de vorm van gecodeerde impulsen en op frequenties van de grootteorde van enkele kHz.

In het licht van de tot nu toe bekomen resultaten mag men hopen binnenkort te kunnen beschikken over teletransmissiesystemen, waar hoe langer hoe meer vraag naar bestaat, en die des te meer toepassingsmogelijkheden zullen hebben naarmate gewicht en omvang van de draagbare zender-ontvangers zullen verminderen, dank zij voornamelijk het gebruik van de geïntegreerde ketens.

BIBLIOGRAFIE

P. DELOGNE. — Radioëlektrische verbindingen met behulp van coaxiale kabels in de mijnen. **Annalen der Mijnen van België**, juli-augustus 1970.

L. DERYCK. — Studie van de manieren waarop elektromagnetische golven kunnen voortgeplant worden over een tweeaderige lijn in de ondergrond. **Annalen der Mijnen van België**, juli-augustus 1970.

J. DUBOIS. — Telecommunicatiesystemen met resonnerende golfgeleider. **Annalen der Mijnen van België**, juli-augustus 1970.

G. LONGREE. — De radio ondergronds : oplossingen... en problemen. **Annalen der Mijnen van België**, juli-augustus 1970.

Four à chaux vertical à trois cuves à la carrière de Moha de la S.A. Carmeuse

Ph. CUVELIER (*)

RESUME

La S.A. Carmeuse résulte de la fusion de nombreuses entreprises d'extraction et de valorisation des roches calcaires. Elle mécanise ses installations. En 1969, elle a mis en service au siège d'exploitation de Moha le premier four vertical à 3 cuves alimenté en gaz naturel. C'est un four Maerz caractérisé par un processus de cuisson économique et sûr : le préchauffage et la combustion sont périodiquement inversés.

SAMENVATTING

De N.V. Carmeuse is ontstaan door de fusie van talrijke ondernemingen die zich bezighielden met de winning en het valoriseren van kalksteen. Zij is bezig met het mechaniseren van haar installaties. In 1969 heeft ze in de exploitatiezetel van Moha de eerste vertikale oven met drie afdelingen, gestookt met aardgas, in gebruik genomen. Het is een Maerzoven met een economisch en veilig verlopend verbrandingsproces : voorverwarming en verbranding worden periodisch omgewisseld.

INHALTSANGABE

Die S.A. Carmeuse ist aus der Fusion mehrerer Unternehmen für Gewinnung und Veredlung von Kalksteinen hervorgegangen. Im Zuge der Mechanisierung ihrer Betriebe hat sie im Jahre 1969 auf der Anlage Moha den ersten erdgasbeheizten Schachtofen mit drei Kammern in Betrieb genommen. Es handelt sich un einen Maerz-Ofen, der sich durch Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit auszeichnet. Vorerhitzung und Verbrennung werden periodisch umgeschaltet.

SUMMARY

Carmeuse Ltd. is the result of the amalgamation of a number of undertakings of extraction and valorization of calcareous rocks. Its installations are being mechanized. In 1969, it put into service at the Moha quarry, the first vertical lime kiln with three shafts fed with natural gas. It is a Maerz kiln characterized by safe, economic baking : the pre-heating and combustion are inversed periodically.

HISTORIQUE DE LA S.A. CARMEUSE

La S.A. des Carrières et des Fours à Chaux de la Meuse résulte de la fusion de différentes carrières de la région hutoise et seilloise; elle a été constituée sous sa forme juridique actuelle le 30-12-1912 au capital de 5.250.000 F.

En juin 1968, la société a porté son capital à 300 millions de francs belges et a modifié sa raison sociale qui est devenue S.A. Carmeuse.

La période de 1912 à 1945 fut caractérisée par l'acquisition de nouvelles réserves calcaires provenant, soit d'achats, soit d'absorptions de sociétés.

Sur le plan technique par contre et jusqu'à 1945, aucune innovation particulière ne peut être citée à l'actif de la société, ni du secteur.

(*) Directeur Technique Adjoint.

Ce ne fut qu'après la guerre que la société, confrontée avec une extrême pénurie de main-d'œuvre, commence à mécaniser tous les stades de la fabrication.

En un temps très court, le cassage manuel est remplacé par des concasseurs d'une capacité allant jusque 300 tonnes/heure, ces installations étant alimentées par des camions ou dumpers de fort tonnage, chargés par des pelles mécaniques ou électriques. Des centaines de mètres de transporteurs à courroie, des cribles vibrants et des silos sont installés à cette époque.

Les méthodes de minage sont également bouleversées par l'adoption de foreuses rotatives qui suppriment le dangereux travail à flanc de rocher.

Quelques années plus tard, soit aux environs de 1951, 4 fours verticaux entièrement automatiques sont mis en service au siège de Seilles, tandis que sont modernisées les fabrications de chaux hydratée et de produits crus.

Une installation de lavage des pierres vient compléter l'équipement devant assurer à la clientèle les produits de qualité.

Le siège d'Engis, qui ne dispose pas d'installations de calcination, se mécanise à partir de 1955 et se spécialise dans la fabrication de pierres concassées et lavées à teneur élevée en carbonate de calcium, de produits pour verreries, de moëllons pour travaux hydrauliques et de produits broyés. Une installation spéciale permet la fabrication de



Vue du four à chaux de 250 tonnes à trois cuves Maerz.

produits fins à une cadence pouvant aller jusqu'à 1.500 tonnes/jour.

Les sièges de Haut-le-Wastia, Frasnes-lez-Couvin et Ferrière-la-Petite (France) sont également mécanisés pour maintenir les charges de fabrication à un niveau compétitif.

La mécanisation en carrière ayant conduit à une augmentation très sensible des productions de petits calibres, un premier four rotatif au fuel d'une capacité de 250 tonnes/jour est mis en service à Seilles, en 1958. La chaux produite, beaucoup plus homogène et plus réactive que les chaux traditionnelles cuites au coke ou au charbon, permet de satisfaire simultanément aux besoins qualitatifs des industries chimiques et sidérurgiques.

Ces caractéristiques intéressantes vont faire décider de l'érection, en 1962, d'un 2e four rotatif au fuel. Ce dernier, d'une capacité de 450 tonnes/jour, présente la particularité d'être muni d'un préchauffeur vertical qui, à l'époque, fait figure de prototype. La mise en service de cet appareil de production permet de supprimer 5 fours droits de type ancien.

Quelques années plus tard, le siège de Moha est doté d'un four rotatif à préchauffeur de 400 tonnes/jour et du premier four Maerz à courant parallèle installé en Belgique. Ce four à 3 cuves, chauffé au gaz naturel, est mis en service en mars 1969. Ses caractéristiques constituent l'essentiel de la présente note.

DESCRIPTION DU FOUR MAERZ

Depuis les temps les plus reculés, on fabrique la chaux à l'aide de « fours à cuve » où la pierre est mélangée au combustible solide (charbon ou coke). Différentes formes ont été données à la cuve, ovoïde, tronconique ou simplement cylindrique, pour tenter d'améliorer le rendement ou d'obtenir une chaux cuite plus uniformément. Rappelons que, par simple chauffage au-delà de 900°C, la pierre calcaire (carbonate de calcium) se transforme en chaux (oxyde de calcium) avec dégagement d'anhydride carbonique :

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

Par la mécanisation de l'enfournement et du défournement, on est arrivé à améliorer considérablement le rendement des fours verticaux à cuve tant au point de vue calorifique (près de 80 %) qu'au point de vue production spécifique. Malheureusement, la pierre étant mélangée au combustible solide, malgré les soins apportés au dosage pondéral et à la répartition, la chaux n'est jamais rigoureusement homogène et se trouve toujours souillée par les cendres du combustible. De plus, du fait du temps de séjour prolongé à température élevée difficilement contrôlable, une partie de la chaux est surcuite, ce qui abaisse considérablement ses qualités de porosité et de réactivité.

Ces considérations ont amené les utilisateurs et les constructeurs de fours à rechercher l'utilisation des combustibles liquides et gazeux qui, ne contenant pas de cendres, ne sont pas susceptibles de souiller la chaux. Différents modèles de fours, inspirés du four vertical à mélange, ont vu le jour avec un succès très relatif pour la plupart parce que la combustion et la répartition homogène des

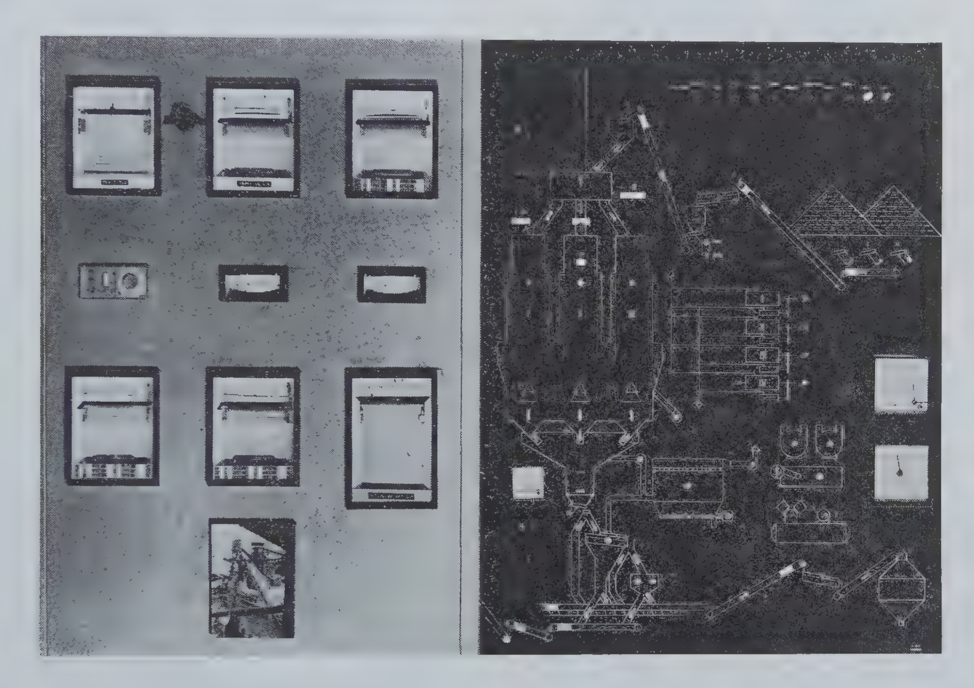


Tableau synoptique de l'intallation de cuisson de la chaux dans le four vertical à trois cuves Maerz.

combustibles liquides ou gazeux ne sont pas choses aisées dans l'entassement des pierres du four vertical. Il a donc fallu trouver des voies nouvelles pour aboutir en même temps à un rendement calorifique plus favorable et surtout aux qualités de chaux qui étaient exigées par la clientèle : termédiaire du carneau de liaison. La figure 1 montre comment s'effectue cette circulation alternativement d'une cuve vers l'autre par cycle d'une durée variable suivant le type de four (de 10 à 20 minutes). L'inversion s'effectue par le pivotement d'un gueulard qui assure, après cha-

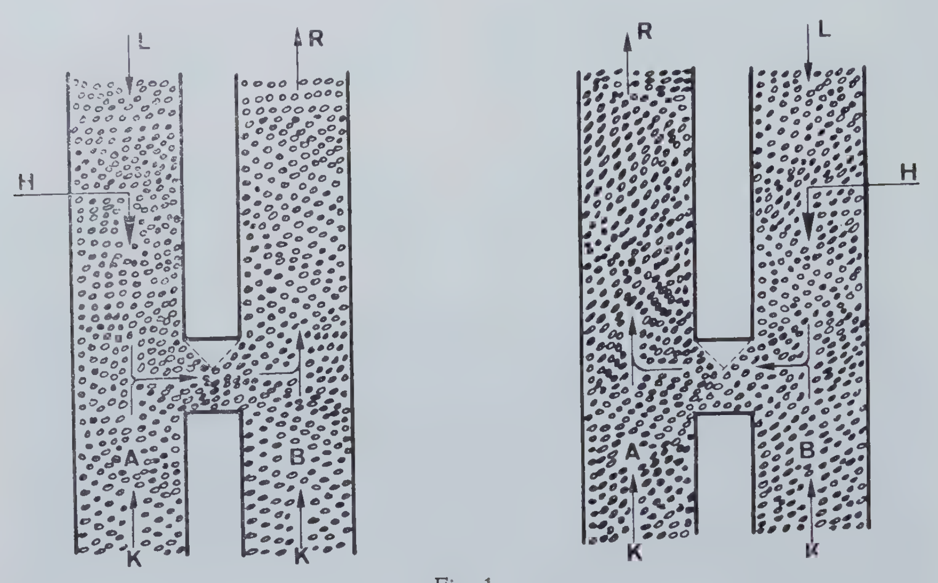


Fig. 1.
Schéma des courants gazeux.
1re phase : cuve A en combustion.
2e phase : cuve B en combustion.
H — combustible.
L — air de combustion.
R — échappement des fumées (combustion, CO_2 de la décarbonisation et air en excès).
K — air de refroidissement de la chaux.

cuisson homogène de la chaux avec des teneurs en CO_2 résiduel les plus basses possible (moins de 2 %), des teneurs en soufre très faibles, principalement pour les usages sidérurgiques (moins de 0,05 %) et une réactivité très élevée. Celle-ci est mesurée par la chaleur libérée par l'hydratation d'une quantité déterminée de chaux après un temps déterminé.

Toutes ces considérations ont conduit les inventeurs, MM. A. Schmid et H. Hofer, à breveter un type de four commercialisé par la Société Maerz Ofenbau de Zürich.

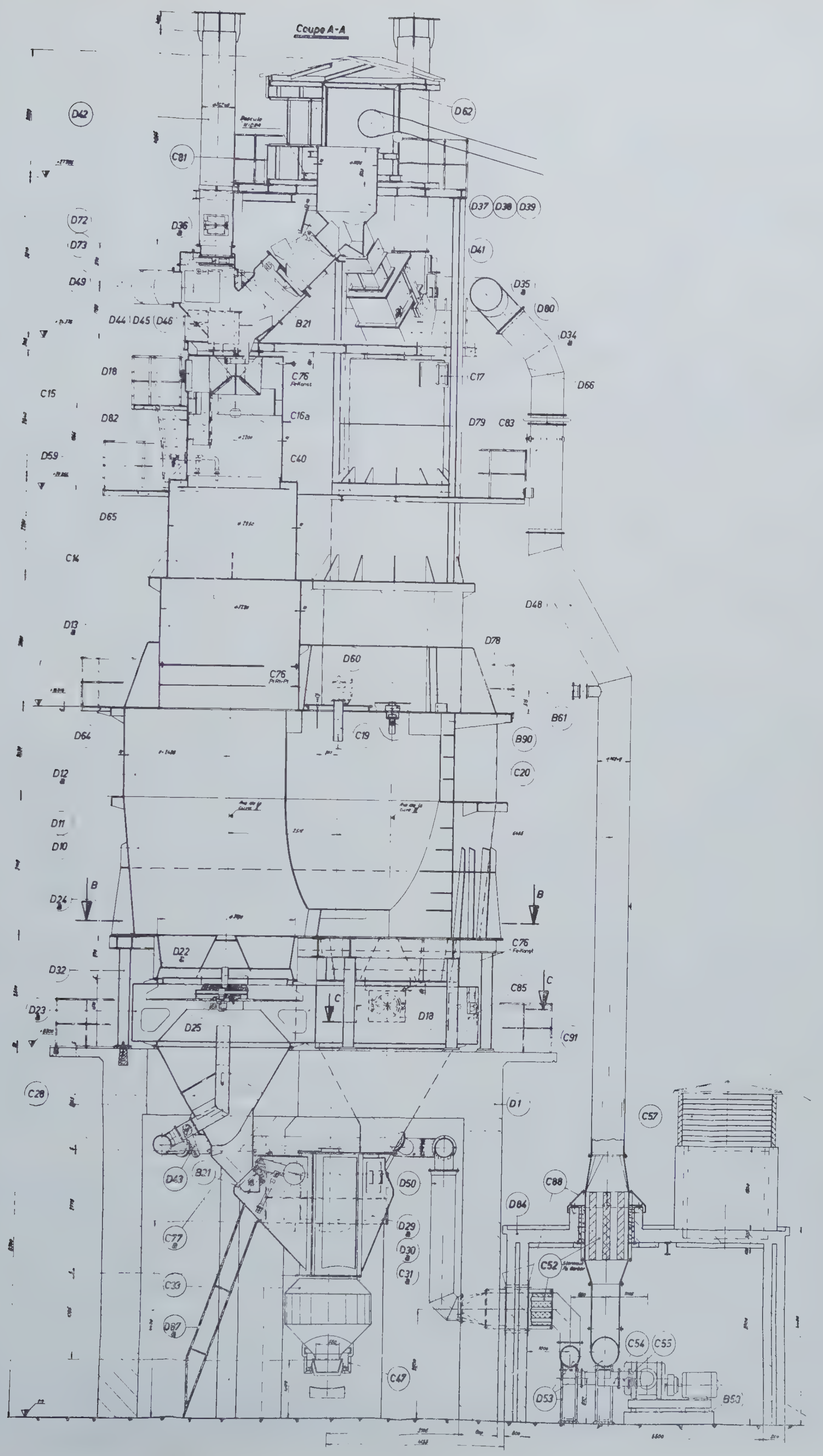
Ce four est constitué essentiellement de deux (ou trois) cuves verticales garnies de briques réfractaires et reliées entre elles par un carneau de liaison. Les cuves sont maintenues constamment pleines par régulation du défournement de la chaux à la partie inférieure en fonction du niveau supérieur. Ce qui caractérise le procédé tout en le rendant thermiquement d'une grande efficacité, c'est le courant parallèle des gaz chauds produits par la combustion, soit de gaz naturel, soit de propane ou butane ou de fuel en mélange avec le CO_2 provenant de la décarbonatation de la pierre calcaire.

Ce courant parallèle est obtenu par la circulation des fumées d'une cuve vers l'autre par l'intermédiaire du carneau de liaison.

que mouvement, l'étanchéité du système. Le mouvement est commandé par un dispositif automatisé, l'ensemble du gueulard mobile tournant à chaque cycle de manière à alimenter chaque cuve en pierres et à diriger les gaz vers la cheminée centrale d'exhaure des fumées. Le mouvement de montée et de descente est commandé par vérin hydraulique, tandis que la rotation est assurée par un moteur hydraulique.

Un autre dispositif actuellement utilisé consiste à prévoir une trémie d'alimentation en pierres à trois directions (une pour chaque cuve) comportant des clapets commandés hydrauliquement et opérant à chaque cycle. Parallèlement, l'évacuation des fumées ou l'introduction de l'air de combustion sont commandées hydrauliquement par un clapet situé à la partie supérieure de chaque cuve dont le mouvement ouvre un circuit et ferme l'autre.

Au point de vue thermique, il faut noter tout d'abord que la combustion s'effectue au contact de la pierre encore très riche en CO_2 et donc susceptible d'absorber rapidement les calories fournies sans risque de surcuisson (réaction fortement endothermique). Par contre, l'achèvement de la décarbonatation s'effectue à l'intervention de la chaleur sensible des fumées et à un niveau de



Coupe A-A
D42
C81
D62
D72
D73
D36
D49
D37 D38 D39
D41
D35
D80
D34
D44 D45 D46
B21
D18
C76
C17
D66
C15
C16a
D82
D79 C83
D59
C40
D65
C14
D48
D13
D78
D60
C76
B61
D64
C19
B90
D12
C20
D11
D10
D24
B
B
C76
D22
D32
C85
C
C
D23
D25
D18
C91
C28
D1
C57
D43
B21
D50
C88
D84
C77
D29
D30
C31
C52
C33
D87
C54 C55
C47
D53
B53

Fig. 2a.

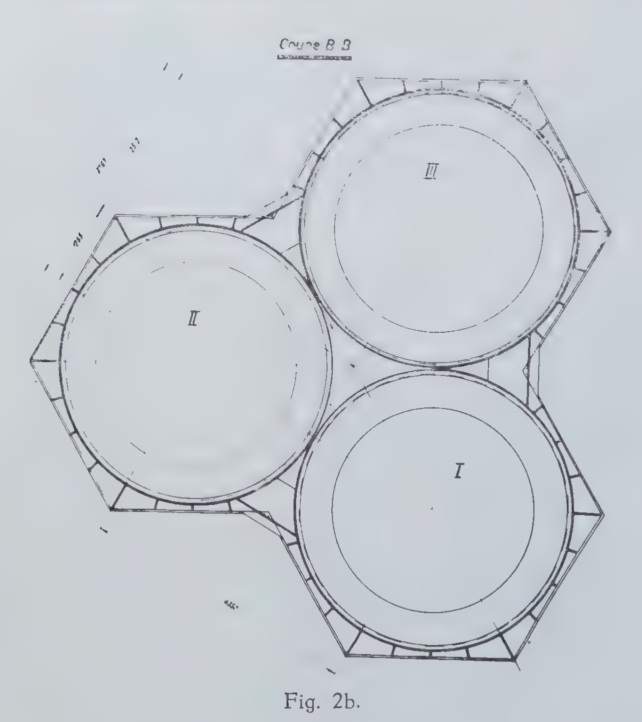


Fig. 2b.

Four à chaux Maerz de 250 tonnes à trois cuves de la S.A. Carmeuse, siège de Moha.

température trop bas pour provoquer la surcuisson. La chaux a ainsi toutes les chances de conserver une très bonne réactivité tout en étant décarbonatée à cœur, c'est-à-dire complètement.

Le préchauffage par échangeur permet d'atteindre, grâce à l'utilisation presque totale de la chaleur des fumées, de hautes températures d'air de combustion; il en résulte une économie de combustible. La température dans la gaine de liaison des cuves est contrôlée constamment et constitue une des indications les plus significatives de la marche du four; elle est variable d'un four à l'autre suivant le combustible utilisé, la nature de la pierre calcaire, son calibre et la réactivité souhaitée. On considère qu'une valeur maximum de 1.200°C peut être atteinte à cet endroit.

La combustion s'effectue avec un excès d'air d'environ 20 %. Cet air de combustion est introduit par le gueulard à l'aide de soufflantes à pistons rotatifs capables d'une pression pouvant atteindre 3.000 mm de colonne d'eau, selon le calibre des pierres utilisées. La quantité d'air et par suite la production sont réglées par paliers en ce qui concerne les soufflantes à vitesse fixe, la différence entre débits de deux soufflantes étant ajustée par une soufflante à vitesse variable. L'air de refroidissement de la chaux, introduit à la base du four, est en quantité telle que sa masse calorifique équilibre tout juste celle de la chaux de sorte qu'au rendement près, dépendant du dimensionnement de la zone de refroidissement en fonction des calibres de pierres enfournées, la température de la chaux quittant le four est inférieure à 100°C.

Malgré l'excès d'air total relativement important se retrouvant dans les fumées, leur température d'exhaure est basse, voisine de 100°C environ. L'ensemble du four travaille en pression, sauf pendant la période d'inversion du gueulard où la pression s'annule; c'est à ce moment que les clapets inférieurs s'ouvrent, provoquant le défournement de la chaux. La vitesse du défournement est réglée automatiquement par la quantité d'huile du mécanisme hydraulique et en fonction du niveau de la charge dans la cuve correspondante, contrôlé par un palpeur.

En fait, le four est complètement automatisé : il suffit de positionner et de surveiller le temps d'inversion, ainsi que les quantités d'air et de combustible suivant la production désirée.

L'équipement de mesure et de contrôle du four est très simple.

Les appareils de mesure de combustible (gaz ou fuel) sont des débitmètres indicateurs et enregistreurs ou des compteurs. Les quantités d'air et de combustible sont positionnées sur des valeurs fixes, en fonction de la production journalière envisagée. L'analyse en continu des fumées n'est pas nécessaire.

Les temps d'inversion du gueulard déterminent la production du four. L'inversion s'opère automatiquement à l'aide d'un mécanisme continu dont la vitesse est fixée par l'opérateur à l'aide d'un chronomètre.

Un pyromètre optique, relié à un indicateur au tableau de contrôle, mesure la température des fumées dans le carneau de liaison entre cuves. Si la température dépasse la valeur maximale prédéterminée, l'arrivée de combustible est coupée avant la fin de chaque période de cuisson ou arrêtée immédiatement.

Des thermocouples mesurent continuellement la température des fumées du gueulard et celle de la chaux défournée de chaque cuve. D'autres thermocouples peuvent être disposés à différents niveaux des cuves pour connaître l'évolution des températures.

La pression de l'air des soufflantes et celle du carneau de liaison des cuves sont mesurées à l'aide d'un manomètre et servent au contrôle de la marche du four.

La pierre calibrée est pesée avant son introduction dans le four à l'aide d'une trémie peseuse dont on enregistre le nombre de charges.

La dépense en énergie électrique est d'environ 15 à 25 kW/tonne pour une production maximale de chaux, tandis que la consommation calorifique se situe aux environs de 900 kcal/kg de chaux pour du calcaire très pur (98 % $CaCO_3$).

Le développement du procédé INIEX pour la fabrication du coke moulé (*)

De ontwikkeling van het NIEB-procédé voor de vervaardiging van de geperste cokes

P. LEDENT, G. BURTON, M. MARCOURT

Institut National des Industries Extractives
Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven

RESUME

Les recherches qui se sont développées à l'Institut National des Industries Extractives (anciennement INICHAR) ont abouti à la mise au point d'une technique de traitement des agglomérés de houille, par immersion dans un lit de sable fluidisé par intermittence, utilisé tout à la fois comme « porteur de chaleur » et comme « milieu dense ».

Les fours à lit de sable fluidisé peuvent servir à la semi-carbonisation d'agglomérés capables de supporter une loi de chauffe rapide; on peut également y réaliser des traitements plus progressifs en introduisant une partie du sable chaud au début du four et en procédant à un réchauffage du lit de sable, par des apports complémentaires réalisés le long du chenal de traitement.

Dans l'installation pilote construite à Seraing, dans les dépendances du Charbonnage Colard, un four de semi-carbonisation à lit de sable fluidisé d'une capacité maximum de traitement de 5 à 6 t/h est associé à un four vertical à contre-courant de fumées chaudes dans lequel les agglomérés

SAMENVATTING

Het speurwerk dat doorgevoerd werd in het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven (voorheen INICHAR) heeft het ontstaan gegeven aan een goed afgewerkte techniek voor het behandelen van agglomeraten door onderdompeling in een zandbed dat periodisch in beweging wordt gebracht en zowel de rol vervult van « warmtetransporteur » als die van « zwaar midden ».

De ovens met gefluidiseerd zandbed kunnen gebruikt worden voor het halfcarboniseren van agglomeraten die kunnen weerstaan aan een snelle verwarmingswet; men kan ze ook aanwenden voor een meer geleidelijke behandeling door een gedeelte van het hete zand in het begin van de oven toe te voegen en het zandbed verder terug op te warmen door bijkomende toevoegingen op een bepaald punt van het behandelingskanaal.

In de proefinstallatie die gebouwd werd te Seraing, in de aanhorigheden van de kolenmijn Colard, werd een oven voor halfcarbonisering in gefluidiseerd zandbed, met een maximum capaciteit van 5 tot 6 t/u samengebouwd met een verticale oven met hete gassen en tegenstroom waarin de agglomeraten kunnen behandeld worden tot op

---

(*) Exposé présenté aux « Journées d'information sur la cokéfaction » organisées par la Commission des Communautés Européennes à Luxembourg, les 23 et 24 avril 1970.

(*) Uiteenzetting gehouden op de « Informatiedagen over de cokesbereiding » georganiseerd door de Commissie der Europese Gemeenschappen te Luxemburg op 23 en 24 april 1970.

peuvent être traités jusqu'à une température finale de l'ordre de 850°.

Ceci permet d'éviter tout effet d'écrasement de la charge pendant son préchauffage. Ceci permet également de faire varier la loi de chauffe et de l'adapter au type de charbon à traiter.

Durant le premier semestre de 1969, l'installation pilote a produit 1200 tonnes de petits boulets à base de charbon maigre, carbonisés vers 600 °C, qui constituent un combustible domestique de premier choix.

Les premiers essais de post-carbonisation ont porté sur des boulets au brai de plus gros calibre (43 × 41 × 29 mm) produits à partir de 90 % de charbon maigre et de 10 % de charbon gras B.

Les produits obtenus sont proches des cokes sidérurgiques du point de vue analyse chimique et résistance (MICUM). Cependant, lors des essais rélisés au fourneau expérimental d'Ougrée, une dégradation des conditions de marche est apparue, qui semble avoir pour cause l'insuffisance de surface de contact gaz-solide, résultant de la trop forte densité du produit moulé.

De nouveaux essais sont en préparation qui auront pour objectif de produire un coke moulé d'une densité aussi proche que possible de celle des cokes sidérurgiques.

een eindtemperatuur van de grootteorde van 850° C.

Op die manier kan elke verplettering van de lading tijdens de voorverwarming voorkomen worden. Op die manier ook kan de verwarmingswet variëren naargelang van het type van de te behandelen kolen.

In de loop van het eerste semester 1969 heeft de proefinstallatie 1200 t kleine eitjes geproduceerd op basis van magere kolen; deze eitjes werden gecarboniseerd rond de 600° C en vormen een huisbrandstof van eerste kwaliteit.

De eerste proeven voor nacarbonisering werden uitgevoerd op pekeitjes van een groter kaliber (43 × 41 × 29 mm) bestaande uit 90 % magere kolen en 10 % vetkolen B.

De aldus bekomen produkten vertonen gelijkenis met siderurgische cokes uit oogpunt scheikundige samenstelling en weerstand (MICUM). Tijdens proeven uitgevoerd in de experimentele smeltoven van Ougrée werd evenwel een verslechtering van de werking vastgesteld waarvan de oorzaak schijnt te liggen in een onvoldoende contactoppervlak tussen de vaste en de gasfaze, als gevolg van een te grote dichtheid van het geperste produkt.

Nieuwe proeven worden voorbereid met het doel geperste cokes te maken met een dichtheid die zoveel mogelijk die van de siderurgische cokes benadert.

INHALTSANGABE

Die Forschungsarbeiten des Institut National des Industries Extractives, des früheren INICHAR, haben zur Entwicklung eines Verfahrens für die Schwelung von Steinkohlenbriketts in einem Sandbettofen geführt, wobei der Sand gleichzeitig als Wärmeträger und Wirbelmedium dient. Der Sandbettofen eignet sich für die Schwelung von Briketts, die eine hohe Aufheizgeschwindigkeit vertragen können, doch kann man die Schwelung in ihm auch langsamer verlaufen lassen, indem man nur einen Teil des heißen Sandes am vorderen Ende des Ofens aufgibt und die restliche Wärme erst nach und nach im weiteren Verlauf der Rinne zuführt.

In Seraing, in den Nebengebäuden der Zeche Colard, hat man an einen Sandbettofen mit einer maximalen Durchsatzleistung von 5-6 t/h einen Schachtofen angeschlossen, in dem die Briketts, von heißen Rauchgasen in entgegengesetzter Richtung durchgeströmt, bei Temperaturen bis zu 850 °C nachgeschwelt werden können.

Durch diese Anordnung wird sichergestellt, daß die Briketts in der Vorerhitzungsphase nicht durch Druck beschädigt werden ; außerdem kann man

SUMMARY

The research pursued by the Institut National des Industries Extractives (formerly INICHAR) resulted in the development of a technique for treating coal briquettes, by immersion in an intermittently fluidized sand bed, used simultaneously as a « heat carrier » and « dense medium ».

The fluidized sand bed ovens may be used for the semi-coking of briquettes capable of undergoing a law of rapid heating ; more progressive treatment may also be carried out by introducing some of the hot sand at the beginning of the oven and proceeding with a re-heating of the sand bed, by adding more sand along the channel in which the briquettes are treated.

In a pilot installation constructed at Seraing, on the premises of the Collard Colliery, an oven for semi-coking with fluidized sand bed and a maximum treatment capacity of 5 to 6 t/h is linked with a vertical oven heated by a hot fumes counter-current in which the briquettes may be treated up to a final temperature of about 850°.

This eliminates any crushing effect of the load during pre-heating. It also makes it possible to

die Aufheizgeschwindigkeit regeln und der Art der Kohle anpassen.

Im ersten Halbjahr 1969 wurden in der Versuchsanlage 1200 t kleinere Briketts aus Magerkohle bei 600 °C geschwelt, die einen erstklassigen Hausbrandbrennstoff darstellen. Für die ersten Nachschwelversuche wurden größere Briketts (43 × 41 × 29 mm) aus 90 % Fettmagerkohle und 10 % Fettkohle B eingesetzt.

Der so erzeugte Formkoks unterschied sich in seiner chemischen Zusammensetzung und seiner Micum-Festigkeit nur unwesentlich von dem üblichen Hochofenkoks. Trotzdem verschlechterte sich bei seinem Einsatz im Versuchshochofen von Ougrée der Gang des Ofens. Der Grund liegt allem Anschein nach darin, daß die Kontaktfläche zwischen Gas und Feststoff zu klein ist — eine Folge der zu großen Dichte des Formkokses.

Weitere Versuche sind geplant. Ihr Ziel ist die Herstellung eines Formkokses, dessen Dichte der des normalen Hüttenkokses möglichst nahe kommen soll.

vary the heating law and adapt it to the type of coal to be treated.

During the first six months of 1969, the pilot installation produced 1200 tons of small ovoids manufactured with anthracite coked at approx. 600° C; they constitute a first class domestic fuel.

The first post-coking tests concerned pitch avoids of a larger grade (43 × 41 × 29 mm) produced from 90 % anthracite and 10 % high volatile bituminous coal.

The products obtained are similar to the cokes used in ironworks from the point of view of chemical analysis and resistance (MICUM). However, during the tests carried out at the experimental oven of Ougrée, difficulties occurred in the working, and this seems to be due to an inadequate gas-solid contact surface, resulting from the excessive density of the moulded product.

New tests are being prepared. Their purpose will be to produce a moulded coke of density as similar as possible to that of the ironworks cokes.

SOMMAIRE

INHOUD

1. BASES DU PROCEDE INIEX

Les recherches qui se sont développées depuis 10 ans à la station d'essai de l'INICHAR (intégré depuis peu dans le nouvel Institut National des Industries Extractives) ont abouti à la mise au point d'une technique de traitement thermique des agglomérés de houille, par immersion dans un lit de sable fluidisé, utilisé tout à la fois comme « porteur de chaleur » et comme « milieu dense ». Le sable fluidisé coule, en circuit fermé, dans un ensemble d'air-lifts et d'aéroglissières;

1. GRONDSLAGEN VAN HET PROCEDE NIEB

Het speurwerk dat sinds 10 jaar wordt doorgevoerd in het proefstation (kortelings geïntegreerd in het nieuwe Instituut voor de Extractiebedrijven) heeft het ontstaan gegeven aan een goed afgewerkte techniek voor de thermische behandeling van steenkolenagglomeraten, door onderdompeling in een gefluidiseerd zandbed, dat terzelfdertijd als « warmtetransporteur » gebruikt wordt en als « zwaar midden ». Het gefluidiseerd zand loopt in gesloten kring door een aantal airlifts en

les boulets à traiter flottent librement dans la partie supérieure du lit, comme les pommes frites flottent dans l'huile chaude d'une friture.

En variant la température du lit de sable, cette technique peut être appliquée au séchage des agglomérés produits au moyen de liants solubles dans l'eau, à la polymérisation des agglomérés à base de liants thermodurcissables, au défumage oxydant des agglomérés au brai et à la carbonisation à basse ou à moyenne température d'agglomérés produits à partir de mélanges contenant des charbons gras.

Le principe de la méthode de carbonisation en lit de sable fluidisé est illustré à la figure 1. Le traitement est réalisé dans une enceinte fermée dont la paroi inférieure est constituée par des grilles de porosité appropriée. Ces diffuseurs supportent un lit de sable dont l'épaisseur peut atteindre 80 à 90 cm et qui est fluidisé de façon intermittente par insufflation de gaz ou de vapeur. Le dispositif est complété par un crible destiné à séparer le sable des boulets, par un circuit de recyclage et de réchauffage du sable et par des sas d'entrée et de sortie des agglomérés.

Après que le sable ait été préchauffé à la température voulue, on commence à alimenter les agglomérés crus. A chaque période de fluidisation, les agglomérés se mélangent au sable et ce mélange avance, par gravité, du point d'alimentation vers le point de débordement situé à l'autre extrémité du chenal. Entre deux périodes de fluidisation, le processus de distillation se poursuit en lit de sable fixe.

luchtglijbanen; de te behandelen eitjes vlotten vrij in het bovenste gedeelte van het bed zoals frieten in het hete frituurvet.

Verandert men de temperatuur van het zandbed dan kan deze techniek aangewend worden voor het drogen van agglomeraten gevormd met behulp van in water oplosbare bindmiddelen, voor het polymeriseren van agglomeraten op basis van thermisch hardbare bindmiddelen, voor het rookvrij maken langs oxyderende weg van pekagglomeraten en voor de carbonisering op lage of gemiddelde temperatuur van agglomeraten uit mengsels die vette kolen bevatten.

Princiep en methode van het carboniseren in gefluidiseerd zandbed worden voorgesteld op figuur 1. De behandeling verloopt in een gesloten ruimte waarvan de onderkant bestaat uit roosters met een aangepaste porositeit. Deze diffusoren dragen een zandbed met een dikte die kan gaan tot 80 en 90 cm en dat periodisch gefluidiseerd wordt door het inblazen van gas of stoom. Dit toestel wordt vervolledigd door middel van een zeef waarop het zand van de eitjes gescheiden wordt, een kringloop voor het herwinnen en het heropwarmen van het zand en een stel sassen voor het inbrengen en verwijderen van de agglomeraten.

Nadat het zand voorverwarmd is op de gewenste temperatuur begint men de rauwe eitjes te laden. Bij elke fluidiseerperiode mengen de agglomeraten zich met het zand en dit mengsel gaat door zwaartekracht vooruit van het voedingspunt naar het overstortpunt aan het andere uiteinde van het kanaal. Tussen twee fluidiseerperioden in loopt de destilleerprocessus verder in het onbeweeglijk zandbed.

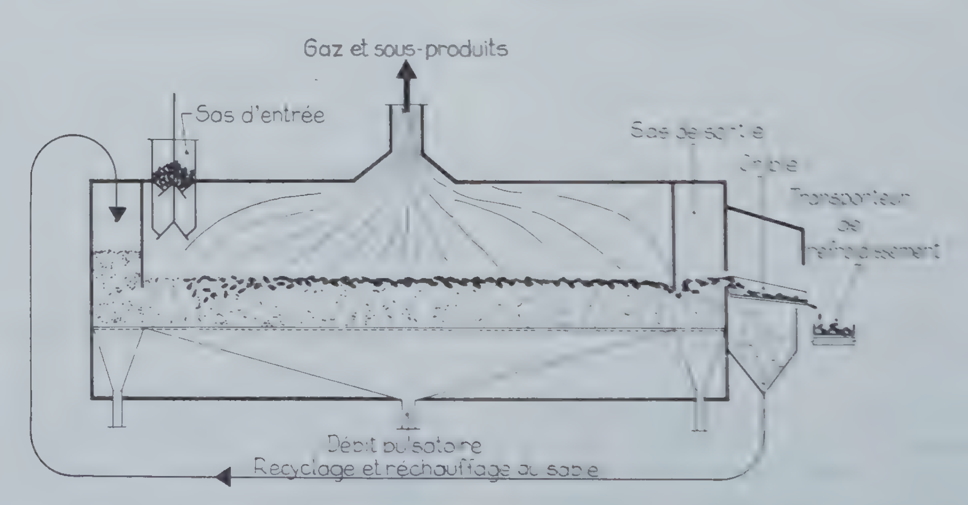


Fig. 1. — Schéma de principe d'un four de carbonisation à lit de sable fluidisé.

Principeschema van een carboniseeroven met gefluidiseerd zandbed.

Gaz et sous-produits : gassen en nevenprodukten.
Sas d'entrée : ingangssas.
Sas de sortie : uitgangssas.
Crible : zeef.

Transporteur de refroidissement : afkoelingstransporteur.
Débit pulsatoire : pulserende gasstroom.
Recyclage et réchauffage du sable : kerwinnen en heropwarmen van het zand.

L'agent fluidisant peut être de la vapeur d'eau, du gaz recyclé ou des fumées neutres. Le cycle opératoire comporte habituellement 4 ou 5 s de fluidisation pour 80 à 90 s de lit fixe; de ce fait, le volume des gaz de fluidisation reste faible en comparaison du volume des produits de distillation.

Sous cette forme simple, le four de carbonisation à lit de sable fluidisé ne convient que pour le traitement de semi-carbonisation d'agglomérés capables de supporter une loi de chauffe rapide.

Pour réaliser des traitements plus progressifs, nous sommes amenés à répartir l'apport de chaleur en introduisant une partie du sable chaud au début du four et en procédant à un réchauffage progressif du lit de sable par des apports complémentaires réalisés le long du chenal de traitement.

Tel quel, le four à lit de sable fluidisé permet de réaliser des traitements de semi-carbonisation jusqu'à des températures finales de l'ordre de 550°.

Parvenus à ce stade les boulets de semi-coke présentent une bonne résistance mécanique, mais leur indice de matières volatiles est encore trop élevé et leur résistance au choc thermique insuffisante pour que l'on puisse les charger au haut fourneau.

Une élévation progressive de la température jusqu'au-delà de 800° est nécessaire pour donner au coke préformé ses caractéristiques définitives.

Pour cette dernière phase de traitement, le four à lit de sable n'est pas l'engin le mieux approprié et dans l'installation pilote qui a été construite à Seraing, dans les dépendances du Charbonnage Colard, nous avons choisi de réaliser cette dernière phase de traitement dans un four vertical à contre-courant de fumées chaudes.

2. L'INSTALLATION PILOTE DE COLARD

(fig. 2 et 3)

L'installation pilote de production de coke moulé du Charbonnage Colard a été construite au cours de l'année 1968; son financement a été assuré conjointement par la S. A. Cockerill-Ougrée-Providence, par la S. A. Belge Stein et Roubaix et par un subside octroyé par le Fonds des Prototypes du Ministère des Affaires Economiques.

Son exploitation est assurée par la « Division Four de Carbonisation » (D.F.C.) avec la participation :

— de la S.A. Cockerill-Ougrée-Providence,
— de la S.A. Belge Stein et Roubaix et
— de l'Institut National des Industries Extractives.

Het fluidiserend agens kan waterdamp zijn, of herwonnen gas of neutrale rookgassen. De werkingscyclus bestaat gewoonlijk uit een fluidisatie gedurende 4 of 5 s en een onbeweeglijk bed gedurende 80 tot 90 s; om die reden blijft het volume fluidiserend gas klein vergeleken met het volume van de destillatieprodukten.

In deze eenvoudige vorm is de carboniseeroven met gefluidiseerd zandbed enkel geschikt voor de halfcarbonisering van agglomeraten die bestand zijn tegen een snelle verwarmingswet.

Om een meer geleidelijke behandeling te bekomen zijn wij verplicht de aanvoer van warmte te spreiden door een gedeelte van het hete zand aan te voeren bij het begin van de oven en het zandbed geleidelijk op te warmen door bijkomende voeding op verschillende punten van het behandelingskanaal.

Op zichzelf volstaat de oven met gefluidiseerd zandbed voor halfcarbonisering tot op een eindtemperatuur van de grootteorde van 550° C.

In dit stadium gekomen hebben de halfcokeseitjes een goede mechanische weerstand maar hun gehalte aan vluchtige bestanddelen ligt nog te hoog en hun weerstand tegen thermische schokken is nog te laag opdat ze zouden kunnen gebruikt worden in de hoogoven.

Een geleidelijke verhoging van de temperatuur tot boven de 800° C is vereist om aan de voorgevormde cokes zijn definitieve eigenschappen te geven.

Voor deze laatste behandelingsfaze is de oven met zandbed niet de meest geschikte machine en in de proefinstallatie gebouwd te Seraing, in de aanhorigheden van de kolenmijn Colard, hebben wij voor deze laatste faze de voorkeur gegeven aan een vertikale oven met hete gassen in tegenstroom.

2. DE PILOOTINSTALLATIE VAN COLARD

(fig. 2 en 3)

De proefinstallatie voor de vervaardiging van geperste cokes van de kolenmijn Colard werd gebouwd in de loop van het jaar 1968 : de financiering werd gemeenschappelijk gedragen door de S.A. Cockerill-Ougrée, de S.A. Belge Stein et Roubaix en een toelage uitgekeerd door het Fonds voor Prototypen van het Ministerie van Economische Zaken.

Voor de exploitatie ervan wordt ingestaan door de « Division Four de Carbonisation » (D.F.C.) met de medewerking van

— de S.A. Cockerill-Ougrée-Providence,
— de S.A. Belge Stein et Roubaix, en
— het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven.



Fig. 2. — Vue d'ensemble de l'installation pilote du Charbonnage Colard.
Overzicht van de proefinstallatie van de kolenmijn Colard.

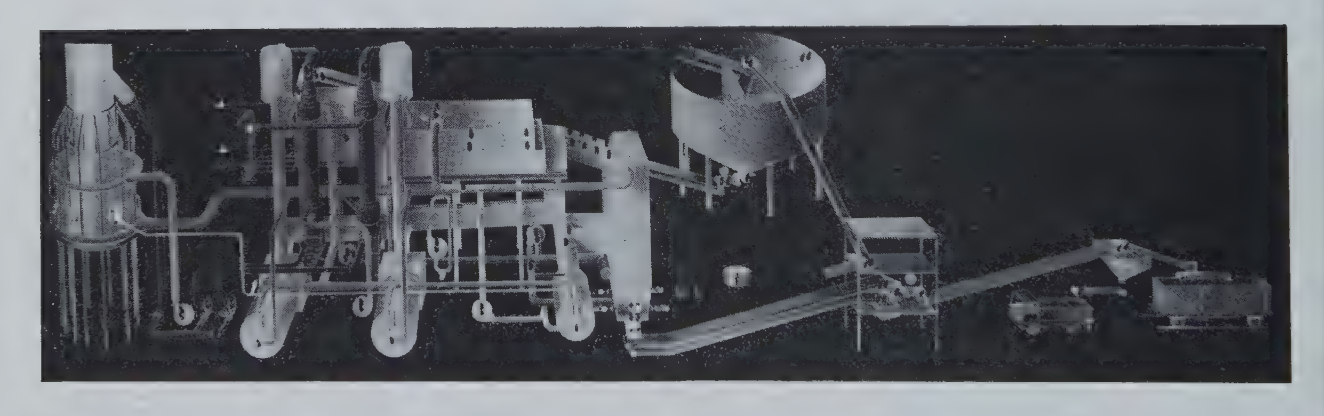


Fig. 3. — Tableau synoptique du poste de contrôle de l'installation pilote de Colard.
Nabootsingsschema van de controlepost der proefinstallatie van Colard.

La disposition générale des fours de carbonisation est schématisée à la figure 4. Sur la vue en élévation, on distingue de prime abord le four horizontal de carbonisation en lit de sable fluidisé et le four vertical de post-traitement.

Le four à sable, d'une longueur totale de 14 mètres, est subdivisé en deux sections : une zone de préchauffage, dans laquelle les boulets à traiter s'échauffent rapidement par mélange avec un

De algemene opstelling van de carboniseerovens wordt voorgesteld op figuur 4. Op het vooraanzicht herkent men op het voorplan de horizontale carboniseeroven met gefluidiseerd zandbed en de vertikale oven voor de nabehandeling.

De zandoven heeft een totale lengte van 14 m en is onderverdeeld in twee secties : een voorverwarmingszone, waarin de te behandelen eitjes snel worden opgewarmd door vermenging met een

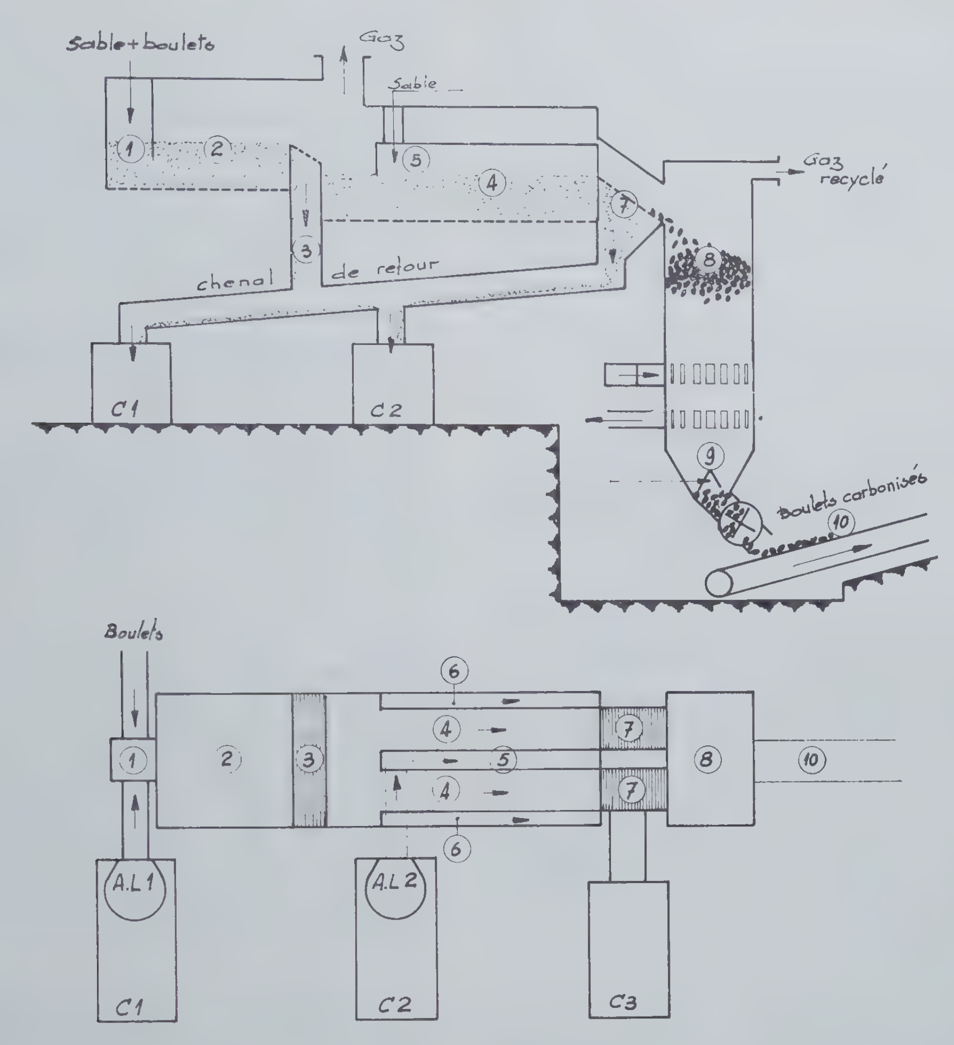


Fig. 4. — Schéma des fours de carbonisation de l'installation pilote de Colard.

(1) Sas d'entrée
(2) Zone de préchauffage
(3) Soutirage de sable
(4) Zone de carbonisation
(5) Chenal de distribution de sable
(6) Chenaux de reprise de sable
(7) Cribles
(8) Four vertical
(9) Zone de refroidissement
(10) Transporteur de refroidissement
(AL1) (AL2) Air-lifts chauffants
(C1) (C2) (C3) Chambres de combustion

Schema van de carboniseeroven der proefinstallatie van Colard.

(1) Ingangssas
(2) Voorverwarmingszone
(3) Aftappen van zand
(4) Carboniseerzone
(5) Verdeelkanaal voor zand
(6) Kanalen voor het opvangen van zand
(7) Zeven
(8) Vertikale oven
(9) Afkoelingszone
(10) Afkoelingstransporteur
(AL1) (AL2) Verwarmingsairlifts
(C1) (C2) (C3) Verbrandingskamers

courant de sable chaud d'un débit 5 à 6 fois plus grand, provenant de l'air-lift 1, et une zone de carbonisation dans laquelle le rapport entre les débits de sable et de boulets est ramené au voisinage de 2 à 3/1.

La température du sable dans cette deuxième zone du four est réglée par une addition progressive de sable chaud provenant de l'air-lift 2, et répartie par un chenal de distribution situé dans l'axe du four. Une quantité équivalente de sable partiellement refroidi peut être soutirée par deux chenaux latéraux situés de part et d'autre des chenaux de traitement.

stroom heet zand die 5 tot 6 keer hun eigen debiet heeft en voortkomt van de airlift 1, en een carboniseringszone waarin de verhouding van het debiet van het zand ten opzichte van dat van de eitjes verminderd wordt tot 2 à 3/1.

In deze tweede zone van de oven wordt de temperatuur van het zand geregeld door de geleideljke toevoeging van heet zand uit de airlift 2, dat gespreid wordt door middel van een verdeelkanaal onder de as van de oven. Een gelijkwaardige hoeveelheid gedeeltelijk afgekoeld zand kan afgetapt worden langs twee zijkanalen die aan weerszijden van het behandelingskanaal gelegen zijn.

La séparation du sable et des boulets s'effectue sur deux cribles disposés à l'extrémité du four et tout le sable évacué revient vers les air-lifts de réchauffage par un chenal de retour fluidisé en continu.

La fluidisation pulsatoire des chenaux de traitement et la fluidisation continue des chenaux de distribution et de reprise de sable sont assurées par un mélange de vapeur et de fumées neutres.

Le pied des air-lifts et le chenal de retour du sable sont fluidisés en continu au moyen d'air chaud.

Des siphons à sable fluidisé disposés à la reprise sous cribles et à la reprise du soutirage assurent une séparation complète des atmosphères entre la chambre de traitement et le chenal de retour vers les air-lifts.

Dans le four vertical de post-carbonisation, on distingue trois zones superposées : une zone de chauffage dans laquelle les boulets circulent en contre-courant des fumées chaudes injectées par trois carneaux de distribution, une zone de maintien des agglomérés à haute température dans laquelle les agglomérés circulent dans le même sens que les fumées chaudes, et enfin une zone de refroidissement dans laquelle les agglomérés descendent à contre-courant d'un mélange de fumées et de vapeur injecté à la base du four, à une température voisine de 100°.

Trois brûleurs à gaz sont prévus pour assurer le chauffage de l'installation. Les brûleurs 1 et 2 fournissent les fumées chaudes qui alimentent les deux air-lifts de réchauffage du sable, tandis que le brûleur 3 produit les fumées neutres nécessaires au chauffage du four vertical.

Le chauffage des fours est assuré par la combustion de gaz de cokerie.

Compte tenu du caractère expérimental de l'installation, aucune condensation de sous-produits n'a été prévue et les gaz bruts, chargés de goudrons, qui proviennent du four à sable, sont brûlés dans une chambre de combustion située au pied de la cheminée.

Le mélange de fumées et de gaz de distillation qui se dégage du four vertical est recyclé vers le brûleur 3.

La chaleur sensible des fumées sortant des air-lifts est récupérée pour le chauffage de l'air de combustion, pour le réchauffage du mélange de vapeur et de fumées destiné à la fluidisation des chenaux de traitement et pour le chauffage de l'air de fluidisation du chenal de retour et des pieds d'air-lifts.

Les dimensions du four à lit de sable fluidisé de l'installation pilote du Charbonnage Colard ont été réduites, en vue de limiter les investisse-

Het scheiden van het zand en de eitjes gebeurt op twee zeven opgesteld aan het uiteinde van de oven en al het opgevangen zand wordt langs een retourkanaal met voortdurende fluidisatie teruggebracht naar de verwarmingsairlifts.

Voor het pulserend fluidiseren van het behandelingskanaal en het continu fluidiseren van de kanalen voor het verdelen en het terugnemen van het zand wordt gebruik gemaakt van een mengsel van stoom en neutrale rookgassen.

De voet van de airlifts en het retourkanaal voor het zand worden continu gefluidiseerd door middel van hete lucht.

Een volledige scheiding tussen de atmosfeer van de behandelingskamer en het retourkanaal naar de airlifts wordt bekomen door sifons met gefluidiseerd zand onder aan de zeven en aan de aftappunten.

In de vertikale nacarboniseeroven onderscheidt men drie boven elkaar gelegen zones : een verwarmingszone waarin de eitjes zich verplaatsen in tegenstroom met de hete gassen die door drie verdeelmonden worden ingespoten, een zone waarin de eitjes op hoge temperatuur gehouden worden, en waarin ze zich verplaatsen in dezelfde richting als de hete gassen, en tenslotte een afkoelingszone waarin de eitjes dalen, in tegenstroom met een mengsel van rookgassen en stoom dat aan de voet van de oven wordt geïnjecteerd op een temperatuur van nagenoeg 100° C.

Drie gasbranders staan in voor de verwarming van de installatie. De branders 1 en 2 leveren de hete rookgassen voor de voeding van de twee airlifts waarin het zand terug opgewarmd wordt, de brander 3 levert de neutrale rookgassen voor de verwarming van de vertikale oven.

De ovens worden verwarmd door de verbranding van cokesovengas.

Wegens het experimenteel karakter van de installatie werd geen condensatie van nevenprodukten voorzien zodat de ruwe en met teer geladen gassen die van de zandoven voortkomen verbrand worden in een verbrandingskamer aan de voet van de schouw.

Het mengsel van rookgassen en destillatiegassen uit de vertikale oven wordt terug naar de brander 3 geleid.

De bruikbare warmte van de rookgassen die uit de airlifts komen wordt aangewend voor het verwarmen van de verbrandingslucht, voor het opwarmen van het mengsel van stoom en rookgassen bestemd voor het fluidiseren in het behandelingskanaal en voor het verwarmen van de lucht voor het fluidiseren van het retourkanaal en aan de voet van de airlifts.

De afmetingen van de oven met gefluidiseerd zandbed van de proefinstallatie van de kolenmijn Colard werden klein gehouden om de investerin-

ments. La surface totale des chenaux fluidisés est de l'ordre de 30 m^2 et leur capacité maximum de traitement atteint 5 à 6 t/h.

Pour le développement industriel du procédé, l'objectif serait de réaliser des fours d'une capacité de traitement de l'ordre de 30 à 40 t/h, de telle façon qu'un seul four puisse remplacer une batterie de fours à coke.

3. LE PROBLEME DES LOIS DE CHAUFFE

L'intérêt de l'association du four à lit de sable fluidisé et du four vertical à circulation de fumées chaudes repose sur un certain nombre de données fondamentales concernant la carbonisation des houilles et plus particulièrement celle des boulets au brai.

Les différentes phases du traitement thermique d'un aggloméré peuvent être étudiées en laboratoire à la thermobalance et au dilatomètre.

Les résultats sont fonction du type de charbon utilisé; qualitativement cependant, le déroulement des différentes phases de la carbonisation reste très semblable à lui-même pour tous les types de charbons fusibles et, de façon générale, ce déroulement peut être schématisé par les différentes phases reprises au tableau I.

Entre 0 et 380°, les charbons s'échauffent sans modification notable de leur structure et sans perte de poids (à l'exception de l'humidité superficielle des grains).

Le phénomène de fusion passagère se situe entre 380 et 500°; il s'accompagne d'un très fort dégagement de matières volatiles (gaz et sous-produits liquides) et peut donner lieu à une forte dilatation par création d'une structure bulleuse, lorsque ces matières volatiles se dégagent au sein d'une phase liquide particulièrement visqueuse.

Entre 500 et 600°, se situe une phase de consolidation rapide du produit solide; l'émission des matières volatiles diminue d'intensité et leur composition évolue vers des produits plus légers (sous-produits gazeux plutôt que liquides).

Entre 600 et 1000°, la structure du produit solide évolue de l'état vitreux vers un état cristallin; cette graphitisation entraîne une diminution de volume et une augmentation de cohésion; elle s'accompagne d'une faible émission de matières volatiles sous forme de gaz à forte teneur en hydrogène, qui ne contiennent plus aucun sous-produit condensable.

A partir de ces données théoriques, on peut imaginer une loi de chauffe «idéale» qui permet-

gen te beperken. De totale oppervlakte van de gefluidiseerde kanalen bedraagt zowat 30 m^2 en hun grootste behandelingscapaciteit 5 tot 6 t/u.

Om het procédé industrieel te ontwikkelen zou men moeten streven naar ovens met een behandelingscapaciteit van 30 tot 40 t/u, zodat één enkele oven de plaats zou kunnen innemen van een batterij cokesovens.

3. HET PROBLEEM VAN DE VERWARMINGSWETTEN

Het voordeel van een samenvoegen van de oven met gefluidiseerd zandbed en de vertikale oven doorstroomd door hete rookgassen berust op een zeker aantal basisgegevens betreffende het carboniseren van steenkolen en meer in het bijzonder van pekeitjes.

De verschillende fazen optredend in de thermische behandeling van een agglomeraat kunnen in het laboratorium bestudeerd worden met de thermobalans en de uitzettingsmeter.

De resultaten hangen af van het gebruikte type van steenkolen; kwalitatief evenwel blijft de afwikkeling van de verschillende fazen van het carboniseren zeer goed gelijkend voor al de typen van smeltbare kolen en in het algemeen kan deze afwikkeling schematisch worden voorgesteld door de verschillende fazen weergegeven op tabel I.

Van 0 tot 380° C worden de steenkolen verwarmd zonder merkelijke wijziging in hun structuur en zonder gewichtsverlies (uitgezonderd de oppervlakkige vochtigheid van de korrels).

Het verschijnsel van tijdelijke smelting ligt tussen 380 en 500° C; het gaat gepaard met een zeer sterke ontwikkeling van vluchtige bestanddelen (gassen en vloeibare nevenprodukten) en kan aanleiding geven tot een sterke uitzetting wegens het ontstaan van een schuimstructuur, wanneer deze vluchtige bestanddelen zich vrij maken midden in een vloeibare faze die bijzonder stijf is.

Tussen 500 en 600° C ligt een faze waarin de vaste stoffen snel verstarren; er worden minder vluchtige bestanddelen afgescheiden en de samenstelling ervan evolueert naar lichtere produkten (gasvormige nevenprodukten eerder dan vloeibare).

Tussen 600 en 1000° C evolueert de structuur van het vaste produkt van een glasachtige tot een kristallijne; deze grafietvorming veroorzaakt een kleiner volume en een grotere cohesie; ze gaat vergezeld van een zwakke produktie van vluchtige bestanddelen onder de vorm van gassen met een hoog waterstofgehalte zonder één enkel condenseerbaar nevenprodukt.

Uitgaande van deze theoretische gegevens zou men een ideale verwarmingswet kunnen uitdenken

Tableau I — Tabel I

Différentes phases du traitement thermique d'un boulet au brai

Verschillende fazen in de thermische behandeling van een pekeitje

Intervalles de température Temperatuurinterval	Modifications Veranderingen	Matières volatiles dégagées Uitgestoten vluchtige bestanddelen
0 - 380°	Séchage - Fusion du brai Drogen - Smelten van het pek	Vapeur d'eau Waterdamp
380 - 500°	Fusion passagère du charbon Forte perte de poids Contraction ou dilatation suivant charbon et loi de chauffe Tijdelijk smelten van de kolen Sterk gewichtsverlies Samentrekking of uitzetting naargelang van steenkolen en verwarmingswet	Important dégagement de goudrons et de gaz à haut pouvoir calorifique Belangrijke ontwikkeling van teer en gassen met hoge verbrandingswarmte
500 - 600°	Contraction du semi-coke Ralentissement de la perte de poids Samentrekking van de halfcokes Vertraging in het gewichtsverlies	Fin du dégagement de goudrons Ralentissement du dégagement de gaz Einde van de teerontwikkeling Vertraging in de gasontwikkeling
600 - 800°	Contraction et cristallisation Faible perte de poids Samentrekking en kristallisatie Klein gewichtsverlies	Dégagement de gaz à faible pouvoir calorifique Ontwikkeling van gassen met lage verbrandingswarmte
800 - 1000°	Faible contraction Très faible perte de poids Geringe samentrekking Zeer klein gewichtsverlies	Très faible dégagement de gaz à faible pouvoir calorifique Zeer geringe ontwikkeling van gassen met lage verbrandingswarmte

trait de réaliser la carbonisation d'un boulet au brai en un temps minimum et dans des conditions susceptibles de conduire à un minimum de détériorations.

Entre 0 et 380°, on envisagera un chauffage très rapide en évitant à la charge tout effort de compression; en effet, pendant cette période, les grains de charbon restent inertes et le boulet se

waarmee een pekeitje zou kunnen gecarboniseerd worden in een minimum van tijd en zo dat de beschadiging die het ondergaat minimaal kan gehouden worden.

Tussen 0 en 380° moet gezorgd worden voor een zeer snelle verwarming waardoor de lading voor elke druk gevrijwaard wordt; tijdens deze periode blijven de steenkolenkorrels immers inert en gedraagt het eitje zich, tengevolge van het smelten

comporte comme une masse pâteuse du fait de la fusion du brai utilisé comme liant.

C'est entre 380 et 500° que la charge exige le plus de ménagement du point de vue des sollicitations mécaniques et du point de vue de la vitesse de chauffe. La phase délicate de l'opération de carbonisation se termine vers 550°. Au-delà de cette température, les boulets peuvent être empilés et peuvent subir des efforts mécaniques importants; toutefois l'échauffement qu'on leur fait subir doit être lent et suffisamment régulier pour éviter des ruptures internes résultant de tensions thermiques trop élevées.

C'est cette loi de chauffe «idéale» que l'on s'efforce de réaliser dans l'installation pilote de Colard dans laquelle les agglomérés traversent successivement cinq zones de traitement (Fig. 5) :

— Une zone de préchauffage rapide par immersion des boulets dans du sable préchauffé.

van het pek dat als bindmiddel gebruikt wordt, als een deegachtige massa.

Het is tussen 380 en 500° dat de lading de meeste voorzorgen vereist uit oogpunt mechanische belasting en verwarmingssnelheid. De gevoelige faze van het carboniseerproces loopt ten einde tegen 550°. Boven deze temperatuur mogen de eitjes opeengestapeld worden en zijn ze bestand tegen belangrijke mechanische krachten; niettemin moet de verwarming die zij te ondergaan hebben langzaam zijn en voldoende regelmatig zodat inwendige barsten als gevolg van te hoge thermische spanningen vermeden worden.

Deze « ideale » verwarmingswet nu tracht men te bewerkstelligen in de proefinstallatie van Colard waarin de agglomeraten achtereenvolgens vijf behandelingszones doorlopen (fig. 5);

— Een zone van snelle voorverwarming waar de eitjes worden ondergedompeld in voorverwarmd zand.

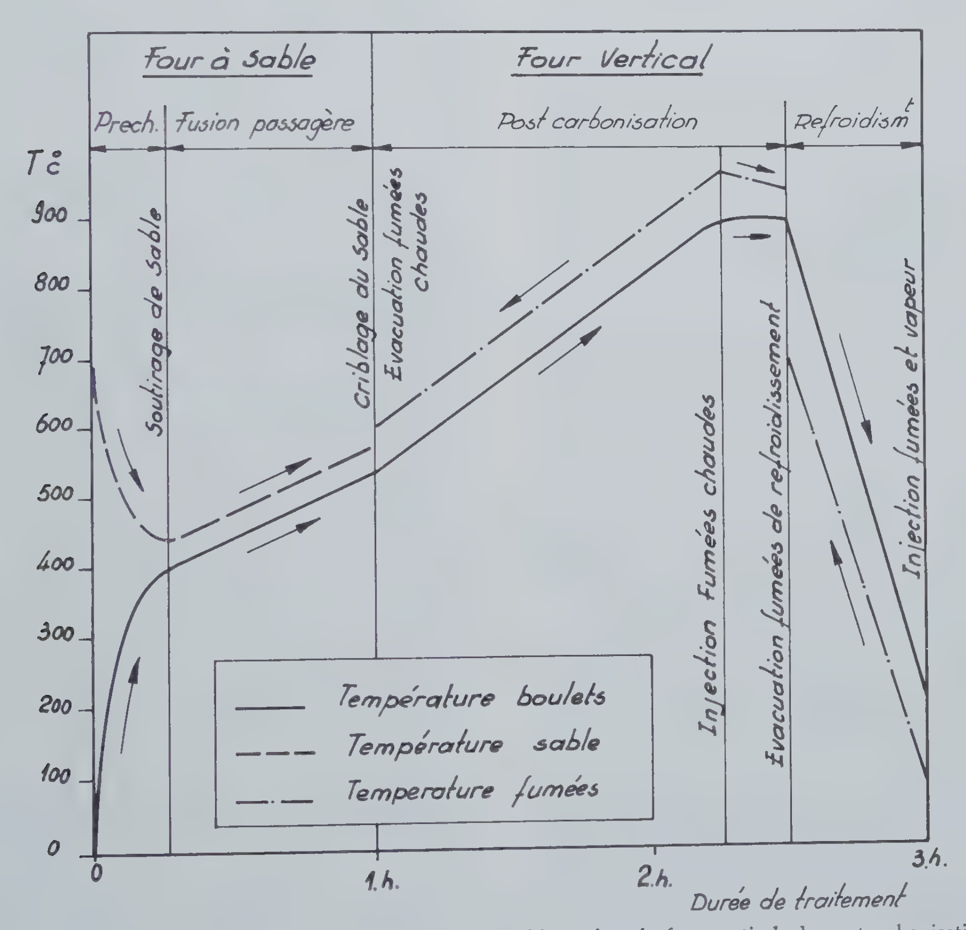


Fig. 5. — Lois de chauffe réalisées dans le four à sable et dans le four vertical de post-carbonisation.

Fig. 5. — Verwarmingswet toegepast in de zandoven en in de vertikale oven voor de nacarbonisering.

Four à sable : zandoven
Four vertical : vertikale oven
Préch. : voorverwarming
Fusion passagère : tijdelijke smelting
Postcarbonisation : nacarbonisering
Refroid. : afkoeling
Soutirage de sable : afstappen van zand
Criblage du sable : uitzeven van het zand
Evacuation des fumées chaudes : verwijderen van de hete rookgassen
Injection fumées chaudes : inblazen van hete rookgassen
Evacuation fumées de refroidissement : verwijderen van de afkoelingsgassen
Injection fumées et vapeur : inblazen van rookgassen en stoom.
Température boulets : temperatuur eitjes
Température sable : temperatuur zand
Température fumées : rookgassen
Durée de traitement : duur van de behandeling.

— Une zone d'échauffement lent par addition progressive de sable chaud le long des chenaux de carbonisation où s'effectue le franchissement de la fusion passagère.

— Une zone d'échauffement plus rapide dans un contre-courant de fumées chaudes.

— Un palier de température au voisinage de 850°.

— Une zone de refroidissement en présence d'un contre-courant de vapeur et de fumées refroidies .

Dans le processus thermique qui vient d'être décrit, deux paramètres ont une importance capitale :

— la température du lit de sable à l'extrémité de la zone de préchauffage et

— la température du lit à l'extrémité du four horizontal.

La première de ces deux températures conditionne les mélanges de charbons qui peuvent être utilisés pour la préparation des agglomérés. Une valeur de 500° est admissible pour des boulets à faible indice de matières volatiles à base de charbons maigres, alors qu'elle ne peut guère dépasser 420° pour des boulets contenant une forte proportion de charbons flambants.

La température atteinte à l'extrémité du four horizontal conditionne la résistance mécanique des agglomérés au moment où ils sont transférés vers le four vertical. Une valeur égale ou supérieure à 530° est souhaitable et la valeur de 500° doit être considérée comme une limite minimum.

L'avant-projet de l'installation pilote de Colard avait été établi en tenant compte d'une possibilité de réchauffage du sable de l'ordre de 100° sur la longueur des chenaux de traitement.

Dans la pratique, la remontée de température a dû être limitée au voisinage de 50 à 60° pour éviter une trop grande hétérogénéité de température sur la largeur du four.

Cette limitation résulte dans une large mesure des trop faibles dimensions de l'installation pilote et il est bien évident qu'une remontée de 100° pourrait être réalisée dans un four de plus grande longueur en mettant bout à bout deux zones de traitement identiques à celles du four Colard.

Compte tenu de ces données, les premières campagnes de carbonisation ont été réalisées sur des agglomérés à base de charbon maigre, avec des températures habituellement comprises entre 480 et 500° à l'extrémité de la zone de préchauffage et de l'ordre de 530 à 550° à la sortie du four à sable.

— Een zone van langzame verwarming waar geleidelijk warm zand wordt toegevoegd op verschillende punten van de carboniseerkanalen daar waar de eitjes door de periode van tijdelijke smelting gaan.

— Een zone van snellere verwarming in een tegenstroom van hete gassen.

— Een temperatuurplatform rond de 850°.

— Een zone van afkoeling in aanwezigheid van een tegenstroom van stoom en afgekoelde rookgassen.

In het thermisch proces dat hier beschreven wordt zijn twee parameters van hoofdzakelijk belang :

— de temperatuur van het zandbed aan het einde van de voorverwarmingszone, en

— de temperatuur aan het einde van de horizontale oven.

Van de eerste van deze twee temperaturen hangt het af welke mengsels van steenkolen kunnen gebruikt worden voor het vervaardigen van de agglomeraten. Een temperatuur van 500° is aanvaardbaar voor eitjes met een laag gehalte aan vluchtige bestanddelen op basis van magere kolen; de temperatuur mag daarentegen niet boven de 420° gaan voor eitjes met een hoog gehalte aan vlamkolen.

Van de temperatuur die aan het einde van de horizontale oven bereikt wordt hangt de mechanische weerstand van de agglomeraten af op het ogenblik dat ze naar de vertikale oven worden overgebracht. Een temperatuur gelijk aan of hoger dan 530° is wenselijk en 500° moet als een onderste grens beschouwd worden.

Het voorontwerp van de proefinstallatie van Colard was zo opgemaakt dat de mogelijkheid bestond het zand ongeveer 100° terug op te warmen over de lengte van het behandelingskanaal.

In de praktijk heeft men de toeneming van de temperatuur moeten beperken tot 50 à 60° om een te grote heterogeniteit van de temperatuur over de breedte van de oven te voorkomen.

Deze beperking is grotendeels een gevolg van de te kleine afmetingen van de proefinstallatie en het is dan ook duidelijk dat een temperatuurstijging van 100° zou kunnen bereikt worden in een langere oven waar twee behandelingszones zoals die van Colard achter elkaar zouden ingebouwd worden.

Rekening houdend met deze gegevens werden de eerste carboniseercampagnes uitgevoerd op agglomeraten vervaardigd uit magere kolen, op een temperatuur die gewoonlijk schommelde tussen 480 en 500° aan het einde van de voorverwarmingszone en zowat 530 tot 550° bedroeg aan het einde van de zandoven.

4. PREMIERES CAMPAGNES DE CARBONISATION

La mise en route de l'installation pilote de Colard a débuté en janvier 1969. Pour l'ensemble de l'année, l'installation a produit environ 3000 tonnes de boulets semi-carbonisés ou post-carbonisés, en alternant des périodes de fonctionnement de 5 à 10 jours avec des périodes d'arrêts pour adaptations et mises au point.

Pendant tout le premier semestre, les travaux ont porté sur la mise au point du traitement de semi-carbonisation. Au cours de cette période, on a produit 1200 tonnes d'agglomérés maigres carbonisés vers 600°C, qui ont été commercialisés sous le nom de « Colcite ».

Ces petits agglomérés en forme de coussin de 30 x 30 x 20 mm, d'un poids moyen de 12 à 13 g, se caractérisent par leur haute résistance (de l'ordre de 150 kg), par leur faible indice de matières volatiles (± 6 %) et par leur fumivorité totale. Ils constituent un combustible domestique de premier choix qui peut se substituer aux anthracites 20/30.

Une autre campagne d'essais de carbonisation à basse température a été réalisée sur un lot de 150 tonnes de boulets au brai à base de charbon anthraciteux produits en République Fédérale Allemande. Durant ces essais, la température des fumées soufflées dans le four vertical a été maintenue entre 600 et 650°.

Les résultats moyens obtenus peuvent se résumer comme suit :

	Boulets crus	Boulets carbonisés
Poids moyen sec (g)	23,2	20,2
Poids spécifique (g/cm³)	1,23	1,18
Résistance à l'écrasement (kg)	105	197
Analyse immédiate		
Humidité (%)	1,1	1,9
Cendres s/sec (%)	8,0	9,0
M.V. s/sec (%)	13,8	3,9

C'est dans le courant du mois de septembre qu'ont démarré les premières campagnes de post-carbonisation en vue de la production de coke moulé.

4. EERSTE CARBONISEERCAMPAGNES

In januari 1969 werd begonnen met het in gang zetten van de proefinstallatie van Colard. Over het geheel van het jaar heeft de installatie ongeveer 3.000 t half- of nagecarboniseerde eitjes geproduceerd, waarbij actieve perioden van 5 tot 10 dagen afwisselden met perioden van stilstand voor aanpassingen en bijwerkingen.

Heel het eerste semester werd besteed aan de afwerking van de halfcarboniseringsbehandeling. Tijdens deze periode werden 1200 ton magere agglomeraten, gecarboniseerd op 600°, geproduceerd en in de handel gebracht onder de benaming « Colcite ».

Deze kleine agglomeraten hebben de vorm van een kussen van 30 × 30 × 20 mm, wegen gemiddeld 12 tot 13 g, en worden gekenmerkt door een hoge weerstand (van de grootteorde van 150 kg), een laag gehalte aan vluchtige bestanddelen (± 6 %) en een volledige afwezigheid van rook. Ze vormen een huisbrandstof van eerste kwaliteit en kunnen gebruikt worden ter vervanging van anthraciet 20/30.

Een andere proefcampagne voor carbonisering op lage temperaturen werd uitgevoerd op een hoeveelheid pekeitjes van 150 ton, op basis van uit de Duitse Bondsrepubliek afkomstige antracietachtige steenkolen. Tijdens deze proef werd de temperatuur van de rookgassen die in de vertikale oven ingeblazen worden tussen 600 en 650° gehouden.

Gemiddeld werden de volgende resultaten bekomen :

	Rauwe eitjes	Gecarboniseerde eitjes
Gemiddeld gewicht, droog (g)	23,2	20,2
Soortelijk gewicht (g/cm³)	1,23	1,18
Weerstand tegen verplettering (kg)	105	197
Onmiddellijke analyse		
Vochtigheid (%)	1,1	1,9
Asgehalte droog (%)	8,0	9,0
Vluchtige bestanddelen droog (%)	13,8	3,9

In de loop van de maand september begonnen de eerste campagnes voor nacarbonisering, met het oog op de produktie van geperste cokes.

Ces essais ont porté sur des boulets au brai de plus gros calibre (43 x 41 x 29 mm) produits à partir d'un mélange de 90 % de charbon maigre et de 10 % de charbon gras B. Les boulets post-carbonisés ont un poids moyen sec de 26 g et une résistance à l'écrasement de l'ordre de 300 kg.

Des essais réalisés au tambour MICUM sur des échantillons prélevés de 2 en 2 heures pendant une semaine de production ont fourni les résultats moyens suivants :

— Après 100 révolutions du tambour
  fraction > 20 mm (M_{20}) : 93,6 %
  fraction < 10 mm (M_{10}) : 5,7 %

— Après 500 révolutions du tambour
  fraction > 20 mm (I_{20}) : 74,7 %
  fraction < 10 mm (I_{10}) : 23,6 %

L'indice de matières volatiles de ce coke moulé est un peu supérieur à celui du coke sidérurgique (l'écart est de l'ordre de 1 à 2 %). Son analyse élémentaire (sur sec sans cendres) est la suivante :

C : 95,31 %
H : 1,06 %
N : 1,26 %
S : 0,89 %
O : 1,48 %

Un lot de 800 tonnes a été produit au cours du mois de novembre, en vue d'un essai à réaliser par l'Association Internationale pour les Recherches de base au Haut Fourneau d'Ougrée (AIRBO).

Deze proeven werden uitgevoerd op pekeitjes van een groter kaliber (43 × 41 × 29 mm) vervaardigd uit een mengsel van 90 % magere kolen en 10 % vetkolen B. De nagecarboniseerde eitjes hebben droog een gemiddeld gewicht van 26 g en een weerstand tegen verplettering van 300 kg.

Proeven uitgevoerd met de MICUM-trommel op monsters die om de 2 uur werden opgenomen gedurende een week produktie hebben de volgende gemiddelde resultaten opgeleverd :

— Na 100 omwentelingen van de trommel :
  fractie > 20 mm (M_{20}) : 93,6 %
  fractie < 10 mm (M_{10}) : 5,7 %

— Na 500 omwentelingen van de trommel :
  fractie > 20 mm (M_{20}) : 74,7 %
  fractie < 10 mm (M_{10}) : 23,6 %.

Het gehalte aan vluchtige bestanddelen van deze geperste cokes ligt een weinig hoger dan dit van siderurgische cokes (het verschil is van de grootte-orde van 1 tot 2 %). De elementenanalyse (uitgevoerd droog en zonder as) geeft het volgende resultaat :

C : 95,31 %
H : 1,06 %
N : 1,26 %
S : 0,89 %
O : 1,48 %

Een hoeveelheid van 800 ton werd geproduceerd in de maand november, voor een proef uit te voeren door de Association Internationale pour les Recherches de base au Haut Fourneau d'Ougrée (AIRBO).

5. ESSAIS AU FOURNEAU EXPERIMENTAL D'OUGREE

Le fourneau expérimental d'Ougrée est un petit fourneau d'un diamètre au creuset de 1,40 m et d'un volume utile de 8,64 m³. Une contrepression de l'ordre de 1,4 kg/cm² est maintenue au gueulard afin de réduire la vitesse ascensionnelle des gaz et d'obtenir des conditions de fonctionnement plus comparables à celles d'un haut fourneau.

L'appareil est équipé de sondes et de thermocouples qui permettent d'étudier la répartition des températures et la composition des gaz à différents niveaux.

Compte tenu de son échelle réduite, le fourneau expérimental s'accommode de combustibles de calibres plus petits que ceux normalement utilisés au haut fourneau; le coke de référence est un coke concassé, calibré entre 20 et 25 mm.

Des combustibles de calibre plus gros peuvent cependant y être utilisés et d'excellents résultats

5. PROEVEN IN DE EXPERIMENTELE SMELTOVEN VAN OUGREE

De experimentele smeltoven van Ougrée is een kleine oven met een kroesdiameter van 1,40 m en een nuttige inhoud van ongeveer 8,64 m³. Aan de mond wordt een tegendruk van zowat 1,4 kg/cm² in stand gehouden waardoor de stijgsnelheid van de gassen wordt verminderd en de werkingsomstandigheden meer gaan gelijken op die van een hoogoven.

Het toestel is uitgerust met peilstokken en thermokoppels waarmee de verdeling van de temperatuur en de samenstelling van de gassen kan bestudeerd worden op verschillende niveau's.

Wegens zijn kleinere hoogte werkt de experimentele smeltoven met brandstoffen van een kleiner kaliber dan die welke gewoonlijk in de hoogoven gebruikt worden; de referentiebrandstof is gebroken cokes kaliber 22-25 mm.

Niettemin kunnen brandstoffen van groter kaliber erin gebruikt worden en zo werden bij voor-

ont été obtenus avec des cokes 30-40 mm et avec des Formkoks de calibre 45 x 40 x 25 mm produits en République Fédérale Allemande.

Les essais d'utilisation des boulets carbonisés D.F.C., produits à l'usine pilote du Charbonnage Colard, ont débuté au milieu de décembre 1969 pour se terminer le 5 janvier 1970.

Au cours de ces essais, le lit de fusion était constitué par 100 % d'aggloméré de minerai d'indice CaO/SiO_2 1,1 à 1,2.

beeld zeer goede resultaten bekomen met cokes 30-40 mm en met de Formkoks van kaliber 45 × 40 × 25 mm vervaardigd in de Duitse Bondsrepubliek.

De proeven in verband met de aanwending van de gecarboniseerde eitjes D.F.C. geproduceerd door de pilootfabriek van de kolenmijn Colard begonnen midden december 1969 en eindigden 5 januari 1970.

Tijdens deze proeven bestond het smeltbed uit 100 % ertsagglomeraat met index CaO/SiO_2 1,1 tot 1,2.

Tableau II — Tabel II

Comparaison des caractéristiques du coke moulé D.F.C. et de celles de différents cokes expérimentés au fourneau d'Ougrée

Vergelijking tussen de karakteristieken van de geperste cokes D.F.C. en die van verschillende cokessoorten, beproefd in de oven van Ougrée

Caractéristiques Karakteristieken	D.F.C.	Coke Cokes 20 - 25 mm	Cokes Coke 30 - 40 mm	Formkoks
Poids moyen (G) Gemiddeld gewicht (g)	26,32	6,07	18,10	22,41
Densité apparente (d_a) Schijnbare dichtheid (d_a)	1,254	0,981	0,987	0,784
Densité en vrac (d_v) Dichtheid in bulk (d_v)	0,73	0,52	0,50	0,47
Indice de vide (%) (1 - dv/da) Ruimteïndex (%) ($1 — d_v/d_a$)	41,8	47,0	49,4	40,1
Volume moyen (cm^3) Gemiddeld volume (cm^3)	21,0	6,19	18,3	28,6
Surface externe (cm^2) Uitwendige oppervlakte (cm^2)	36,8*	20,3**	41,6**	45,2*
Surface spécifique externe (cm^2/g) Soortelijk uitwendig oppervlak (cm^2/g)	1,40*	3,34**	2,30**	2,01*
Analyse immédiate *Onmiddellijke analyse*				
humidité % vochtigheid (%) (méthode azéotropique) (azeotropische methode)	1,45	1,0	0,8	2,4
cendres s/sec (%) assen (droog (%)	6,8	8,3	9,6	8,6

* Calculée en assimilant chaque morceau à une sphère.
** Calculée en assimilant chaque morceau à un cube.

* voor de berekening wordt elk stukje gelijkgesteld met een bol.
** voor de berekening wordt elk stukje gelijkgesteld met een kubus.

Huit heures après l'enfournement de la première charge de coke moulé, la marche du fourneau a commencé à se dégrader, cette dégradation se traduisant par une montée progressive de la zone de feu, accompagnée d'une augmentation de la température au gueulard, d'une dégradation du rapport CO_2/CO et d'un accroissement de la mise au mille.

Au bout de 67 heures de fonctionnement, l'essai a dû être interrompu par suite de l'apparition d'un important garnissage qui a dû être éliminé après la vidange du fourneau.

Un second essai réalisé en doublant les poids unitaires des charges d'aggloméré de minerai et de coke moulé n'ayant pas eu plus de succès, on dut se rendre à l'évidence et admettre que la tendance à la montée du feu résultait de l'insuffisance des surfaces d'échange gaz-coke dans la zone d'élaboration.

La comparaison des caractéristiques des cokes moulés D.F.C., des cokes sidérurgiques et des Formkoks précédemment expérimentés au fourneau d'Ougrée montre, en effet, que leur différence essentielle se situe au niveau des surfaces spécifiques externes qui sont elles-mêmes conditionnées par les facteurs forme et densité (Tableau II).

Cette différence de surface spécifique serait à l'origine de l'insuffisance des échanges gaz-coke observée dans le cas du coke moulé D.F.C.

Pour vérifier cette hypothèse, il a été décidé d'augmenter artificiellement la surface d'échange des boulets, par concassage et criblage à 12 mm.

Le produit concassé comprenait un certain pourcentage de boulets entiers, le reste provenant du fractionnement des boulets en deux ou trois parties (Tableau III).

Tableau III.

Granulométrie du coke D.F.C. concassé expérimenté au fourneau d'Ougrée

Catégories (mailles rondes)	Fraction %
30 - 40 mm	20,1
20 - 30 mm	57,8
10 - 20 mm	20,9
5 - 10 mm	0,4
0 - 5 mm	0,8
Diamètre moyen (mm)	24,7
Ecart type sur D moyen (mm)	6,8

Acht uur na het laden van de eerste hoeveelheid geperste cokes begon de gang van de oven te verslechteren, zoals bleek uit een geleidelijke stijging van de vuurzone, die vergezeld ging van een toeneming van de temperatuur aan de mond, een verslechtering van de verhouding CO_2/CO en een verhoging van de hoeveelheid cokes per ton ruwijzer.

Na 67 uur moest de proef onderbroken worden wegens het ontstaan van een belangrijke neerslag die na het ledigen van de oven moest verwijderd worden.

Tijdens een tweede proef werden de gewichten van de ladingen in agglomeraat en geperste cokes verdubbeld; toen deze proef niet meer succes had moest men zich bij de feiten neerleggen en erkennen dat de neiging van het vuur om te stijgen zijn oorzaak vond in een onvoldoende contactoppervlak tussen gas en cokes in de werkingszone.

Uit een vergelijking tussen de karakteristieken van de geperste cokes D.F.C., siderurgische cokes en de Formkoks die voordien in de oven van Ougrée beproefd was, bleek inderdaad dat het essentieel verschil gelegen is in het inwendig soortelijk oppervlak, dat op zijn beurt afhangt van de factoren vorm en dichtheid (tabel II).

Dit verschil in soortelijk oppervlak zou aan de oorsprong liggen van een onvoldoend contact gascokes zoals waargenomen in het geval van de geperste cokes D.F.C.

Om deze veronderstelling te testen werd besloten het contactoppervlak van de eitjes kunstmatig te vergroten door ze te breken en te zeven op 12 mm.

Het gebroken produkt bevatte een zeker percentage hele eitjes terwijl het overige voortkwam van het breken der eitjes in twee of drie delen (tabel III).

Tabel III

Korrelgrootte van de gebroken cokes D.F.C. beproefd in de oven van Ougrée

Categorieën (ronde mazen)	Fractie (%)
30 - 40 mm	20,1
20 - 30 mm	57,8
10 - 20 mm	20,9
5 - 10 mm	0,4
0 - 5 mm	0,8
Gemiddelde doormeter (mm)	24,7
Type afwijking tegenover gemiddelde doormeter (mm)	6,8

Le fourneau a été alimenté durant 4 jours avec ce coke concassé. Une marche satisfaisante a été obtenue qui peut se caractériser comme suit :

Allure coke : 20 t/jour

Mise au mille coke brut : 660 kg/t.f. soit 645 kg/t.f. de coke à 85 % C

Fonte de bonne qualité, bien carburée et bien désulfurée.

Les caractéristiques de mise au mille et de rapport CO_2/CO n'étaient pas aussi bonnes que celles obtenues avec le coke 20/25, mais ceci peut résulter du fait qu'en dépit de son concassage, le calibre moyen du coke D.F.C. restait un peu supérieur à celui du coke 20/25 mm.

La discussion des résultats de cette expérience présente un grand intérêt car elle met en lumière l'interdépendance de la densité, de la granulométrie et du facteur de forme des combustibles destinés aux hauts fourneaux.

Pour répondre aux exigences de la sidérurgie, le coke de haut fourneau doit satisfaire au mieux à trois conditions :

— présenter une haute résistance mécanique et en particulier une bonne résistance à l'abrasion (indices MICUM et IRSID) ;
— ménager entre ses éléments des chenaux d'ouverture suffisante pour permettre l'écoulement des courants gazeux et liquide qui doivent se frayer passage à travers la « grille coke » au niveau des étalages (Calibre, Densité et Indice de vide) ;
— présenter une surface spécifique suffisante pour que les transferts de chaleur et de masse entre gaz et solide puissent se réaliser avec la rapidité voulue dans la zone d'élaboration (Calibre, Densité et Facteur de forme).

Il apparaît d'emblée que ces trois conditions sont contradictoires.

Les formes arrondies des cokes moulés sont favorables à la résistance, mais par rapport à un coke classique bien calibré, elles diminuent l'« indice de vide » et réduisent la surface spécifique des morceaux.

L'accroissement de calibre augmente l'ouverture des espaces libres dans la « grille coke », mais réduit les surfaces d'échange entre gaz et solide.

La réduction de la densité améliore les surfaces d'échange, mais elle peut entraîner une diminution de la résistance à l'écrasement et à l'abrasion.

Le coke traditionnel réalise un compromis acceptable entre ces différentes exigences et ses qualités peuvent encore être sensiblement accrues par un concassage et un calibrage appropriés.

De oven werd gedurende 4 dagen met deze gebroken cokes gevoed. Er werd een bevredigende gang verkregen, met volgende karakteristieken :

Cokesverbruik : 20 t/d

Verbruik bruto cokes per ton ruwijzer : 660 kg of 645 kg in cokes aan 85 % C.

Ruwijzer van goede kwaliteit, voldoende koolstof, voldoende ontzwaveld.

De karakteristieken inzake verbruik per ton en verhouding CO_2/CO waren niet zo goed als met de cokes 20/25 maar dit kan een gevolg zijn van het feit dat het gemiddeld kaliber van de cokes D.F.C. ondanks het breken een weinig groter bleef dan dat van de cokes 20/25 mm.

De bespreking der resultaten van deze proef is zeer belangrijk want daaruit blijkt welk verband er bestaat tussen de dichtheid, de korrelgrootte en de vormfactor van de brandstoffen die voor de hoogovens bestemd zijn.

Om aan de eisen van de siderurgie tegemoet te komen moet de hoogovencokes zo goed mogelijk aan drie voorwaarden voldoen :

— een hoge mechanische weerstand en bijzonder een hoge sleetvastheid hebben (indexen MICUM en IRSID) ;
— tussen zijn elementen kanalen hebben die voldoende open zijn voor de doorstroming van gassen en vloeistoffen die zich een doorgang moeten zoeken doorheen het « cokesrooster » op het niveau van de spreiding (kaliber, dichtheid en ruimteïndex) ;
— een voldoend soortelijk oppervlak hebben opdat de overdracht van warmte en massa snel genoeg zou kunnen gebeuren in de werkingszone (kaliber, dichtheid en vormfactor).

Het is zonder meer klaar dat deze voorwaarden elkaar tegenspreken.

De afgeronde vormen van de geperste cokes zijn gunstig uit oogpunt weerstand maar leveren ten opzichte van de goed gekalibreerde cokes een kleinere « ruimteïndex » en een kleiner soortelijk oppervlak voor de individuele stukken.

Een groot kaliber geeft een vermeerdering van de opening der vrije ruimten in het « cokesrooster » maar vermindert het contactoppervlak tussen gasvormige en vaste stoffen.

De vermindering van de dichtheid kan een verbetering betekenen van het contactoppervlak maar veroorzaakt een vermindering van de weerstand tegen verplettering en verwering.

In de klassieke cokes bestaat een aanvaardbaar compromis tussen deze verschillende vereisten en zijn kwaliteiten kunnen nog merkelijk verbeterd worden door een aangepast breken en kalibreren.

Le succès ou l'échec des procédés de production de coke moulé pourrait dépendre dans une large mesure de leur aptitude à réaliser un compromis aussi satisfaisant entre ces exigences contradictoires.

6. NOUVEAUX PROGRAMMES

Le nouvel objectif assigné aux essais qui seront entrepris au cours des prochains mois dans l'installation pilote de Colard sera de réaliser un coke moulé de caractéristiques mécaniques et chimiques comparables à celles du premier lot de coke D.F.C., mais dont la densité apparente serait voisine de la densité apparente des cokes sidérurgiques.

Trois voies sont ouvertes pour obtenir une sensible diminution de densité :

- le remplacement du charbon maigre par du semi-coke moins dense,
- l'augmentation de la proportion de charbon à haut indice de matières volatiles,
- le changement de méthode d'agglomération.

Compte tenu du matériel d'agglomération disponible à l'usine pilote de Colard et des lois de chauffe actuellement accessibles, la prochaine expérience sera vraisemblablement réalisée sur des boulets au brai produits à partir d'un mélange de 25 % de charbon gras B et de 75 % de semi-coke.

D'autres mélanges sont à l'étude, notamment des mélanges ternaires de gras B, de flambant et de semi-coke.

L'utilisation des liants autres que le brai pourrait également être envisagée, car elle permettrait une forte augmentation de la proportion de gras ou de flambant sans exiger la modification des lois de chauffe.

Enfin, on envisage d'utiliser l'installation pilote de Colard pour la carbonisation de mélanges de charbons agglomérés par pelletisation, l'utilisation de cette technique d'agglomération étant susceptible de réduire considérablement la densité des agglomérés crus.

Des essais sont également prévus en vue de la production d'un coke moulé de fonderie, le cubilot pouvant s'accommoder de combustibles de densité élevée.

7. CONCLUSIONS

Nous avons tenté, dans le cadre de cet exposé, de faire le point de l'état d'avancement de nos recherches dans le domaine de la production de coke moulé, par carbonisation en lit de sable fluidisé.

Succes of mislukking bij het produceren van geperste cokes zouden in grote mate kunnen afhangen van de mogelijkheid om met de procédé's in kwestie een even bevredigend compromis tussen deze tegenstrijdige eisen tot stand te brengen.

6. NIEUWE PROGRAMMA'S

Bij de proeven die in de loop van de komende maanden in de proefinstallatie van Colard zullen uitgevoerd worden bestaat het nieuwe objectief in het bereiden van een geperste cokessoort met mechanische en scheikundige karakteristieken die te vergelijken zijn met die van de eerste hoeveelheden cokes D.F.C. maar met een schijnbare dichtheid die gelijkt op die van de siderurgische cokes.

Er bestaan drie mogelijkheden om een merkelijke vermindering van de dichtheid te bekomen :

- het vervangen van de magere kolen door minder dichte halfcokes;
- een relatief grotere hoeveelheid kolen met hoog gehalte aan vluchtige bestanddelen gebruiken;
- veranderingen aanbrengen in de agglomeratiemethode.

Rekening gehouden met het agglomeratiematerieel dat ter beschikking staat in de proeffabriek van Colard en de verwarmingswetten die thans in ons bereik zijn, zal de volgende proef waarschijnlijk verricht worden met pekeitjes vervaardigd met een mengsel van 25 % vetkolen B en 75 % halfcokes.

Andere mengsels worden bestudeerd, namelijk drieledige met vetkolen B, vlamkolen en halfcokes.

Ook aan andere bindmiddelen dan pek zou kunnen gedacht worden, aangezien hierdoor de mogelijkheid zou ontstaan een veel grotere verhouding vetkolen of vlamkolen te gebruiken zonder dat de verwarmingswet moet veranderd worden.

Tenslotte overweegt men de proefinstallatie van Colard te gebruiken voor het carboniseren van door pelletisering gevormde agglomeraten, aangezien deze agglomereertechniek van aard is om aan de rauwe agglomeraten een veel kleinere dichtheid te geven.

Men wil ook proeven uitvoeren voor het produceren van een geperste gietcokes, aangezien in de giettechniek gebruik zou kunnen gemaakt worden van een brandstof met hoge dichtheid.

7. BESLUITEN

In deze uiteenzetting hebben we getracht duidelijk te maken hoever we staan met ons speurwerk inzake produktie van geperste cokes door carboniseren in gefluidiseerd zandbed.

Les campagnes de carbonisation à basse température ont permis la mise au point technologique du four à lit de sable fluidisé et ont démontré qu'il était possible de l'utiliser pour la production de combustibles domestiques non fumeux de haute qualité.

La première campagne de production de coke moulé à partir d'agglomérés au brai contenant 90 % de charbon maigre et 10 % de charbon gras B a confirmé l'intérêt de l'association du four à lit de sable et du four vertical à contre-courant de fumées chaudes et a permis d'obtenir des cokes moulés satisfaisants du double point de vue de la composition chimique et des qualités mécaniques.

Ces résultats montrent qu'une importante étape a été franchie.

Les développements ultérieurs auront pour objectif de réduire la densité apparente des produits et d'accroître, autant que possible, les incorporations de charbons à haut indice de matières volatiles.

Dans l'état actuel de nos travaux, nous avons la conviction que des résultats favorables pourront être atteints pour autant que des moyens matériels et financiers suffisants puissent être maintenus à la disposition des équipes de recherches.

Mars 1970.

De campagnes voor het carboniseren op lage temperatuur hebben het mogelijk gemaakt de oven met gefluidiseerd zandbed technologisch te vervolmaken en hebben bewezen dat het mogelijk was in deze oven huisbrandstof te vervaardigen zonder rook en van zeer goede kwaliteit.

De eerste campagne voor het produceren van geperste cokes uit pekagglomeraten bestaande uit 90 % magere kolen en 10 % vetkolen B heeft het nut bewezen van de combinatie van de zandoven met de vertikale oven met tegenstroom van hete rookgassen en heeft cokes opgeleverd die voldoet uit oogpunt scheikundige samenstelling en mechanische eigenschappen.

Deze resultaten duiden erop dat reeds een lange weg is afgelegd.

De verdere ontwikkeling zal erop gericht zijn de schijnbare dichtheid van de produkten te verminderen en de hoeveelheid steenkolen met hoog gehalte aan vluchtige bestanddelen zoveel mogelijk te verhogen.

Met de huidige stand van het onderzoek zijn wij ervan overtuigd dat gunstige resultaten kunnen bereikt worden in zoverre dat de vereiste materiële en financiële middelen ook verder ter beschikking van de onderzoekers zullen gesteld worden.

Maart 1970.

BIBLIOGRAPHIE — BIBLIOGRAFIE

[1] PETERS, W. : Résultats de deux années de travail et de recherches sur le four à lit de sable fluidisé. Journées d'information sur les agglomérés non fumeux. *Annales des Mines de Belgique,* juin 1964, pp. 808-822.

[2] JAMOULLE, J. : Le défumage des agglomérés aux Charbonnages de Wérister. Journées d'information sur les agglomérés non fumeux. *Annales des Mines de Belgique,* juin 1964, pp. 822-865.

[3] DUFOUR, H. : Trois mois d'expérience dans le défumage des boulets au four d'oxydation à lit de sable fluidisé. Journées d'information sur les agglomérés non fumeux. *Annales des Mines de Belgique,* juin 1964, pp. 865-883.

[4] LEDENT, P. & MARCOURT, M. : Etude de la carbonisation en lit de sable fluidisé d'agglomérés à base de charbon gras et de semi-coke. *Inichar Bulletin Technique « Houille et Dérivés »,* n° 30, avril 1964.

[5] LEDENT, P. : Recherches sur la carbonisation d'agglomérés dans un four expérimental à lit de sable fluidisé. Journées d'information sur les agglomérés non fumeux. *Annales des Mines de Belgique,* juin 1964, pp. 754-782.

[6] LEDENT, P., BURTON, G. & MARCOURT, M. : La carbonisation des agglomérés en lit de sable fluidisé. *Communication A 7 au Congrès International de Charleroi « Le coke en sidérurgie »,* septembre 1966, pp. 102-111.
Inichar Bulletin Technique « Houille et Dérivés » n° 32, novembre 1966.

[7] LEDENT, P. : Perspectives de développement de la carbonisation continue en lit de sable fluidisé. *Annales des Mines de Belgique,* janvier 1967, p. 29-33.

[8] PETERS, W., LANGHOFF, J., SCHINZEL, W. & SCHMELING, G. : Production de coke de fonderie par un procédé d'oxydation de briquettes de poussier de coke. *Glückauf Forschungshefte,* 3, juin 1967 (texte allemand). *Annales des Mines de Belgique,* décembre 1967, pp. 1401-1413 (traduction française).

[9] COCKERILL-OUGREE-PROVIDENCE : L'installation d'une nouvelle division « Four de carbonisation au charbonnage Colard ». *C.O.P. Périodique d'information trimestriel,* n° 160, 2e trimestre 1969, pp. 2-10 et 19-21.

[10] A.I.R.B.O. : Rapport provisoire de la période d'essai n° 183. Marche avec un lit de fusion à 100 % d'aggloméré d'indice CaO/SiO_2 1,1 à 1,2 et un coke moulé D.F.C. comme combustible.

Sélection des fiches d'INIEX

INIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet*, à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.

b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet*, donnant des vues sur toutes les nouveautés.

C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE. GISEMENTS. PROSPECTION. SONDAGES.

IND. **A 255** Fiche n° **54.281**

C.F.K. DIESSEL. Der Steinkohlenbergbau Australiens. *L'industrie houillère australienne.* — **Glückauf,** 1969, 25 décembre, p. 1311/1320, 4 fig.

Les périodes géologiques de formation des charbons australiens s'étalent depuis le Carbonifère supérieur jusqu'au Crétacé. La plupart des charbons datent du Permien. En raison de leur voisinage du pôle, en ce temps, les gisements sont associés à des formations glaciaires sur lesquelles reposent les nombreuses particularités des charbons du Gondwana. Environ 34 % des besoins énergétiques actuels du continent australien sont couverts par le charbon. Le montant des réserves reconnues avec certitude — sans tenir compte de leur exploitabilité — s'élève à quelque 20 Mia.t; il subsiste toutefois plusieurs régions dont l'exploration doit être approfondie. L'ouverture moyenne des couches exploitées est de 1,80 m. Il existe néanmoins certaines couches de 35 m d'épaisseur. En général, les couches puissantes renferment de nombreuses intercalations stériles, aussi l'exploitation se limite-t-elle actuellement aux couches de moindre ouverture, mais propres; pratiquement elles se situent toutes dans le gisement en plateure. La teneur présente en cendres est en moyenne de 25 %. Presque toutes les exploitations sont entièrement mécanisées; les rendements fond sont très étalés (entre 2 et 24 t/Hp). Malgré des frais de main-d'œuvre relativement élevés, le prix de revient au siège est en moyenne de 23 DM. L'exportation s'effectue sur la base de 40 DM/t. La méthode d'exploitation la plus

utilisée est celle des chambres et piliers; cependant, au cours des dernières années, quelques longues tailles du type occidental ont été démarrées. La plupart d'entre elles sont foudroyées et relativement peu remblayées. Comme dans la majeure partie des autres gisements du Gondwana, l'exploitation par couche, à un seul étage, prédomine. La région australienne qui produit le plus est la Nouvelle-Galles du Sud, avec 28,1 Mio.t en 1968. Cette production se décompose comme suit, relativement au mode d'extraction : 1,4 Mio.t dans les mines à découverte ou à ciel ouvert, 1,9 Mio.t par puits verticaux et 24,8 Mio.t par puits inclinés ou galeries horizontales à flanc de coteau. Dans ces deux derniers cas, les transporteurs à bande assurent le transport.

Biblio. 40 réf.

IND. **A 34** Fiche n° **54.392**

B. TISSOT. Premières données sur les mécanismes et la cinétique de la formation du pétrole dans les sédiments. Simulation d'un schéma réactionnel sur ordinateur. — **Revue Française du Pétrole,** 1969, avril, p. 470/501.

Des travaux récents ont permis de suivre la formation des composés du pétrole dans les sédiments en fonction de l'enfouissement sur quelques cas géologiques : Toarcien du Bassin de Paris, Mio-Pliocène de Californie. Ces observations permettent de déterminer, pour la formation étudiée, les zones favorables où la matière organique a produit du pétrole. Pour que ces résultats puissent être généralisés à d'autres formations et d'autres bassins, on a tenté de déduire des observations un schéma réactionnel synthétique, et d'écrire la cinétique correspondant à ce schéma. La simulation sur ordinateur de l'évolution de ce schéma réactionnel permet de calculer les quantités de pétrole formées à partir d'un gramme de matière organique primitive en tout point d'un bassin. Les données nécessaires sont une reconstitution géologique de l'histoire de l'enfouissement et un ensemble de constantes représentant la nature de la matière organique primitive. Dans le cas du Toarcien du Bassin de Paris, les résultats montrent un excellent accord entre les valeurs ainsi calculées et celles effectivement observées. On accède également au problème de l'époque et de la vitesse de formation du pétrole pour les comparer avec l'âge des mouvements structuraux qui déterminent la formation des pièges.

Résumé de la revue.

IND. **A 354** Fiche n° **54.366**

R.M. WILLIAMS. Canada's future in uranium supply. *L'avenir du Canada dans la fourniture de l'uranium.* — **The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1969, décembre, p. 1340/1355, 12 fig.

On prévoit que, pour la fin de ce siècle, l'énergie nucléaire fournira 20 % des besoins totaux d'énergie. La demande en uranium a atteint un sommet en 1950, a subi un déclin vers 1960 et semble au début d'une vive reprise. L'article étudie les possibilités du Canada dans ce domaine de grande importance future : réserves et ressources en uranium, capacités de production et viabilité économique, tendances en évolution des prix, installations de raffinage de l'uranium existant au Canada. De cet examen des ressources et des installations du Canada intéressant la production de l'uranium, il apparaît que ce pays se trouve dans une excellente position et peut envisager l'avenir avec confiance.

B. ACCES AU GISEMENT. METHODES D'EXPLOITATION.

IND. **B 30** Fiche n° **54.414**

C. BERNIERE et H. TENAILLE. Colloque Interbassins 1969 (Grenoble 20-23 mai). Commission n° 3. Amélioration des résultats de creusement. — **Charbonnages de France, Documents Techniques n° 6,** 1969, p. 223/237.

Compte rendu des travaux de cette Commission. Le problème a été abordé par une enquête dans les bassins, portant sur le creusement des galeries horizontales, galeries inclinées, bures et puits, voies de niveau, voies en direction, montages en veine, enquête qui a réuni des données statistiques et des renseignements sur les machines utilisées, les résultats, les tendances. Mais l'étude s'est ensuite limitée aux galeries horizontales, et aux voies en direction en veine. On a fait le point des méthodes actuelles de traçage, des questions de soutènement (boulonnage, mécanisation), et de l'utilisation des machines de creusement. Importante discussion.

Résumé Cerchar, Paris.

IND. **B 31** Fiche n° **54.356**

P. NUTTALL. Rates of advance in headings and drifts. *Vitesses de creusement en traçages et bouveaux.* — **The Mining Engineer,** 1970, janvier, p. 235/243, 2 fig. (y compris discussion).

L'auteur procéda à l'étude des vitesses d'avancement de voies au rocher et au charbon à l'occasion de 21 visites de chantiers de creusement qu'il effectua dans des charbonnages : 8 au Royaume-Uni et 13 en République Fédérale Allemande. Il établit des comparaisons portant sur certains détails techniques et sur l'organisation et la pratique de gestion du chantier. Il met l'accent sur les applications de la section rectangulaire en conjonction avec le boulonnage du toit, sur la fourniture à front d'énergie motrice adéquate, et sur

l'importance d'un planning et d'un contrôle d'exploitation effectifs.

IND. **B 33** Fiche n° **54.203**

W. GOOSSENS. Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung in den siebziger Jahren : Vortrieb. *Le développement technique et économique des années 70 : le creusement des voies.* — **Glückauf,** 1969, 11 décembre, p. 1267/1269, 3 fig.

Dans le cadre du développement de la technique et de la productivité des charbonnages, la technique du creusement des voies acquiert une importance primordiale. Du fait qu'on ne peut compter sur une mise en œuvre et une élaboration rapides des machines à creuser les voies, il importe que la technique conventionnelle, dans laquelle le creusement des voies s'opère par forage et tir des mines, s'améliore également. Vu que, dans la plupart des chantiers actuels, l'opération de chargement est déjà mécanisée, la seule possibilité d'accroître les rendements est de perfectionner les opérations de forage et de tir des mines ainsi que de soutènement. Il s'impose que le développement subséquent des machines à creuser les bouveaux et des bosseyements à tracer les voies en couche soit activement poursuivi, avec comme objectif que, d'ici une dizaine d'années, le creusement de 40 à 50 % de l'ensemble des voies soit entièrement mécanisé.

IND. **B 33** Fiche n° **54.308**

G. DORSTEWITZ et M. SCHMAUCK. Neue Entwicklungen bei der Bohr- und bei der Ladearbeit im Streckenvortrieb. *Réalisations nouvelles en matière de forage et de chargement dans le creusement des voies.* — **Glückauf,** 1970, 8 janvier, p. 9/16, 16 fig.

Les auteurs exposent les possibilités actuelles en matière d'équipements mécanisés pour réaliser, d'une manière plus favorable, les opérations élémentaires de forage et de chargement des produits, lors du creusement des voies. Il faut s'attendre, dans un proche avenir, à de profonds changements, spécialement en ce qui concerne la foration. Entretemps, on n'utilise presque exclusivement que des marteaux-perforateurs du type mi-lourd, pesant de 25 à 27 kg. Ce type ne s'avère toutefois que peu capable d'accroître substantiellement les rendements étant donné que, en raison de la nécessité d'un effort de poussée élevé de la part de l'ouvrier, ces perforateurs travaillent partiellement dans le domaine des « coups-ricochets ». De plus, simultanément à la fatigue supplémentaire imposée au foreur, la sollicitation des fleurets croît également d'une manière sensible. Le développement rationnel futur conduit à des appareils de forage hautement efficaces et économiques, supportés par des affûts mobiles, tout en ayant comme objectif lointain la réalisation de la foration automatique programmée. Dans cette connexion, les auteurs mettent l'accent sur la nécessité de mettre au point un équipement de forage percutant qui, sans trop modifier les formes actuelles, promettrait beaucoup pour l'avenir. Vu qu'un tel équipement permettra de réaliser toutes les mines d'une volée en un temps plus court, il importe — puisqu'on veut accroître les vitesses de creusement — d'utiliser également au maximum les combinaisons, capables de rendement, présentées par les équipements mécaniques de chargement et de transport. Alors que les chargeuses réalisent des rendements bruts élevés lors du creusement des voies d'exploitation, le fait de recourir à des pelles à godet se déversant en berlines — toutes deux prisonnières du raillage — est à l'origine d'une réduction chronique du rendement. Pour les domaines partiels que sont le chargement et le transport, les auteurs présentent quelques récents développements qui, moyennant le respect de certaines conditions préalables, contribuent à l'augmentation de la productivité lors du creusement des galeries au rocher et de l'exploitation de minerais métalliques. En relation avec les chargeuses à godet sur pneus ou sur chenilles, le nouvel accumulateur navette sur rails, à convoyeur installé sur le fond, construit par la firme Hägglund und Söne, promet un accroissement du rendement du chargement et du transport, tant dans les charbonnages que dans les creusements de tunnel et les mines métalliques. Bien que les systèmes de convoyeur des camions-navettes s'usent rapidement lorsque les matériaux à transporter sont fortement abrasifs, on présume que pour le charbon le convoyeur répartiteur de pied de taille construit selon ce principe pour le creusement des voies d'exploitation dans les charbonnages sera malgré tout plus avantageux que les engins de transport utilisés jusqu'à présent à cet endroit.

Biblio. 16 réf.

IND. **B 33** Fiche n° **54.396**

H. BOLDT et W. GALEMANN. Erfahrungen mit breiten, rechtecktigen Abbaustrecken mit hohem Ausbau widerstand in flacher Lagerung. *Expériences acquises en matière de voies d'exploitation rectangulaires, larges, équipées avec un soutènement de portance élevée, dans les gisements en plateure.* — **Glückauf,** 1970, 22 janvier, p. 57/68, 22 fig.

Depuis 1963, dans les charbonnages de la Rheinpreussen A.G., on procède, conformément à un programme concerté, à des essais de soutènement de voies d'exploitation, équipées avec cadres rectangulaires du type large et surbaissé. Ces essais s'effectuèrent à des profondeurs comprises entre 400 et 800 m, dans des couches dont la position stratigraphique s'étale de flambants à longue flamme aux gras. La masse des essais effectués à

ce jour porte sur environ 60 km de voies, creusées ou utilisées à l'occasion de l'exploitation par longues tailles en plateures, selon les méthodes avançante, retraitante ou mixte. Les résultats globaux de ces essais aboutirent à l'application systématique à la Société Rheinpreussen — sur une échelle quasi générale — des voies équipées avec cadres métalliques rectangulaires, larges mais de faible hauteur. Pour servir à l'exécution pratique de telles voies, les auteurs donnent un compte rendu objectif — accompagné de commentaires et de recommandations — des observations expérimentales faites dans les conditions suivantes : 1) Voies d'exploitation avec chapeaux respectivement de 4,20 et de 5,60 m de largeur (en veine P) - 2) Voies d'exploitation en couche à mur tendre - 3) Creusement des voies d'exploitation en couches minces - 4) Id. en couche d'ouverture supérieure à 1,60 m - 5) Utilisation répétée d'une même voie d'exploitation.

IND. **B 40** Fiche n° **54.202**

S. BATZEL. Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung in den siebziger Jahren : Abbau. *Le développement technique et économique des années 70 : l'abattage du charbon.* — **Glückauf**, 1969, 11 décembre, p. 1263/1266, 7 fig.

Au cours des dernières décennies, le rendement taille des charbonnages ouest-allemands n'a cessé de croître d'une manière constante. Cette progression résulte, en fait, de la mise en œuvre, d'une manière quasi généralisée, du front de taille libre et dégagé d'étançons, de l'abattage et du soutènement totalement mécanisés. Le moyen le plus efficace d'exercer une influence sur les frais directs du coût de revient réside dans la concentration d'exploitation. Ceux-ci ont fortement augmenté au cours des dernières années du fait que les équipements onéreux des tailles totalement mécanisées durent être utilisés sur une plus grande échelle qu'auparavant. Parmi les limites actuellement imposées à l'accroissement subséquent de la concentration d'exploitation, on relève, entre autres, le dégazage du charbon de la couche, le climat de la mine, le creusement des voies d'exploitation, la capacité des machines d'abattage et des convoyeurs de taille, les dérangements géologiques. La hausse du rendement et de la concentration au chantier est également déterminée, dans une large mesure, par le contrôle des épontes de la couche de charbon. En résumé, on doit s'efforcer d'écourter les laps de temps nécessaires pour réduire les écarts existant entre les valeurs moyennes et les valeurs de « pointe » du rendement et de la production journalière de la taille. Un objectif raisonnable est que, d'ici 10 ans, le rendement taille atteigne 2 à 3 fois sa valeur actuelle et que, pour le Bassin de la Ruhr, une production par taille comprise entre 2.500 et 3.000 t/jour soit réalisée.

IND. **B 4110** Fiche n° **54.283**

K.H. KUSCHEL. Betriebserfahrungen mit Blasversatz und schreitendem Ausbau in einem bis zu 6 m mächtigen Flöz. *Expériences d'exploitation récoltées en matière de remblayage pneumatique et de soutènement mécanisé, dans une couche de charbon dont l'ouverture peut atteindre 6 m.* — **Glückauf**, 1969, 25 décembre, p. 1328/1336, 17 fig.

Au puits Sachsen (Ruhr), la méthode généralement appliquée jusqu'à ces derniers temps pour l'exploitation de la couche en plateure 18 (qui peut avoir jusqu'à 6 m d'ouverture) consistait dans le déhouillement total en deux phases, décalées d'une manière appropriée dans le temps, des deux tranches parallèles de la couche. Dans chacune de ces tranches, l'abattage s'effectuait par tir à l'air comprimé à une pression de 800 kg/cm^2, chargement mécanique des produits abattus, dans le convoyeur de taille (au moyen d'une chargeuse à déversement latéral du godet), soutènement en bois réalisant une allée de 1,80 m et remblayage pneumatique de l'arrière-taille. Depuis quelques mois, on procède à des essais de déhouillement de toute la couche (en une seule tranche) et de mécanisation totale des opérations du chantier respectivement par une abatteuse-chargeuse Eickhoff ED W150 L à deux tambours tractant un dispositif de nettoyage ER IV et par un soutènement mécanisé à cadres. Ceux-ci, par l'intermédiaire de consoles, supportent la tuyauterie de remblayage en bordure de l'arrière-taille. Les prises latérales de cette colonne, régulièrement espacées, permettent la projection latérale du remblai. L'auteur décrit en détails les nombreuses difficultés qui surgirent lors de la mise en œuvre expérimentale du nouvel équipement de taille. Elles sont dues surtout au fait que le toit fragile et ébouleux de la couche ne peut nullement supporter de retard apporté au soutènement. Cet inconvénient associé au manque de souplesse de la colonne d'amenée du remblai pneumatique fut à l'origine de l'échec de la méthode théoriquement prévue. La vitesse d'exploitation tomba de 0,81 à 0,36 m/jour et parallèlement la production de 730 à 206 t/jour. L'introduction du foudroyage apporta une amélioration des résultats techniques du chantier. Les essais de remblayage pneumatique seront repris par la suite car il semble bien que la voie initialement fixée par l'exploitant soit pourtant correcte.

IND. **B 4111** Fiche n° **54.307**

H. GIEL et E. WASCHKIES. Ein Vorbaustreb mit durchschnittlich 25 t/MS Revierleistung. *Une longue taille avançante réalisant un rendement moyen au quartier de 25 t/Hp.* — **Glückauf**, 1970, 8 janvier, p. 1/8, 16 fig.

Avec une extraction de 9.000 à 10.000 t nettes/jour, le siège General Blumenthal atteignit, en 1968, un rendement fond supérieur à 4 t/Hp. Celui-ci est dû, pour une bonne part, à la mise en exploitation, dès septembre 1967, de la couche Wilhelm. Cette couche en plateure de 1,3 m d'ouverture fut reconnue par un plan incliné en couche, ce qui offrit la possibilité d'exploiter dans les deux directions est et ouest. Les auteurs décrivent successivement l'exploitation dans les deux premières tailles progressant vers l'ouest, ainsi que le désameublement, le transfert et la recristallisation des équipements de taille de l'étage supérieur à l'étage inférieur. Ils décrivent les engins mécaniques utilisés respectivement pour le creusement des voies et dans les tailles, en mettant l'accent sur les mesures qui exercèrent une influence décisive sur la technique et l'organisation tant du traçage des voies d'exploitation et des extrémités de taille que de la taille proprement dite. Dans les voies d'exploitation, à partir de la réalisation des conditions préalables nécessaires au creusement rapide et efficient, on put enregistrer des avancements moyens atteignant 6,96 m/jour et des rendements chantier de 62,5 cm/Hp. Par une disposition appropriée dans la voie d'exploitation des têtes motrices du rabot et du convoyeur blindé de taille et par une organisation judicieuse des extrémités de taille, on put économiser 14 Hp/jour, comparativement à la disposition conventionnelle antérieure. Dans ce domaine du raccord taille-voie, on compte encore 3 Hp/m d'avancement de la taille, ce qui correspond à un indice de 0,7 Hp/100 t. La mise en œuvre du rabot-ancre à corps avec chapiteau à ressort spirale intérieur en conjonction avec la lame à charnière du sabre avec tête de chargement, avec les couteaux de mur ajustables et articulation transversale, ainsi que la vitesse accrue du rabot (1,6 m/s) firent monter le rendement net du soutènement de 86,9 m^2/Hp du début à 239,7 m^2/Hp. Comme performances de rendement réalisées, on signale: 156 t/Hp à l'abattage, 71 t/Hp à la taille et 35 t/Hp au quartier. Le rendement moyen quartier, pour toute la longueur de chassage de la taille (1260 m), s'établit à 25 t/Hp. Lorsque la taille supérieure d'étage fut mise à l'arrêt, on opéra un transfert rapide du soutènement mécanisé à destination de la taille aval du panneau contigu, au cours d'un week-end. L'opération de démontage, de transport et de remontage des piles de soutènement exigea 584,9 Hp, ce qui correspond à 3,3 Hp/pile, tandis que les travaux de rabassenage nécessités par les opérations précédentes avaient requis 138 Hp.

IND. **B 4112** Fiche n° **54.172**

T.L. CARR, R. SHEPHERD et J.T. WALTON. Retreat mining : practice and problems. *L'exploitation retraitante : sa pratique et ses problèmes.* — **The Mining Engineer,** 1969, décembre, p. 157/182, 3 fig. avec discussion.

Les auteurs, œuvrant au sein d'un groupe de travail, ont étudié les problèmes de l'exploitation de longues tailles retraitantes en effectuant de nombreuses visites de tels chantiers actifs, tant au Royaume-Uni qu'à l'étranger, et en discutant de la question avec les ingénieurs ayant acquis de l'expérience dans ce mode d'exploitation. La première partie de l'article est consacrée à un tableau récapitulatif des résultats courants relatifs aux performances d'avancement relevées aux tailles et au creusement des voies d'exploitation. Les deuxième et troisième parties mettent en relief certains problèmes posés par le contrôle du toit et par la gestion des voies, ceux-ci étant deux aspects à considérer comme de la plus haute importance pour l'application correcte de la méthode rabattante et dans lesquels des progrès considérables doivent être obtenus si on veut que la méthode accède au rang de technique majeure de production. Les auteurs exposent certains des problèmes concernant les extrémités de taille et l'organisation des longues tailles rabattantes. Ils concluent en énumérant les divers stades vers lesquels on devrait orienter les progrès techniques, ainsi que les améliorations qu'il importerait d'apporter en vue d'une application généralisée, à brève échéance, de la méthode en question.

Biblio. 19 réf.

IND. **B 4112** Fiche n° **54.214**

R. SIMPSON. Retreat mining. North Derbyshire Area's plan. *L'exploitation rabattante. Le plan de la division du nord Derbyshire.* — **Colliery Guardian,** 1969, décembre, p. 673/682, 8 fig.

Le charbonnage de Williamthorpe, dans le nord Derbyshire, a été conduit à adopter la méthode d'exploitation rabattante, limitée à 50 % du gisement pour éviter des affaissements de terrains excessifs. L'application de la méthode exige une organisation préalable et une préparation très étudiées. Le charbonnage produit plus d'un million de tonnes par an avec 3 couches. L'article expose les détails de l'étude préalable à la mise en exploitation avançante d'une première taille de 90 m en couche de 1 m en avril dernier et d'une deuxième de 45 m, rabattante, en octobre. Le creusement des voies, avec emploi des mineurs continus Joy, l'organisation de la taille avec le matériel et le personnel disponibles, ont fait l'objet de travaux d'analyse réticulaire ou par chemin critique longuement commentés et le personnel a été dûment sélectionné et mis au courant de sa mission. Les avancements à réaliser ont été précisés. L'article traite également le pro-

blème de la ventilation et celui du transport. Des détails sont fournis sur le système de convoyeur à courroie extensible associé au mineur continu avec un pont-convoyeur. La taille rabattante doit donner une production nette de 320 t/poste en 10 coupes avec une machine de 200 ch à une direction; couche de 1,50 m d'ouverture (stériles compris); 13 hommes par poste; profondeur 165 m. Soutènement mécanisé Wild. Les avantages de ce mode d'exploitation sont énoncés et commentés.

IND. **B 4113** Fiche n° **54.415**

J. CEREDE et J.C. BELIN. Colloque Interbassins 1969 (Grenoble 20-23 mai). Commission n° 2. Extrémités de tailles. — **Charbonnages de France, Documents Techniques n° 6,** 1969, p. 239/256, 11 fig.

On commence par situer l'importance du problème, en se basant sur des études statistiques. Les travaux aux extrémités de taille ont été décomposés en quatre groupes : creusement des niches — soutènement des niches et ripage de la tête motrice et de l'engin d'abattage — opérations en voie —traitement de la voie derrière la taille. Toutes ces opérations sont analysées, les solutions trouvées dans les divers bassins sont exposées, ainsi que les recherches en cours, et celles qui restent à faire. Une importante discussion permet de fixer de nombreux points particuliers.

Résumé Cerchar, Paris.

IND. **B 510** Fiche n° **54.268**

W. TILLMANN. Evolution mondiale des techniques d'exploitation à ciel ouvert des gisements de charbon. — **Mines et Chimie,** n° 140, 1969, 4me trimestre, p. 123/138.

Il ressort des plans à long terme qu'en 1976, la production des mines de charbon et de lignite des pays d'Europe autres que l'URSS passera de 491 Mio.t actuels à 600 Mio.t. Les 109 Mio.t supplémentaires seront consommées exclusivement par les centrales thermiques. Le principal critère qui conditionne l'utilisation du lignite pour la production d'énergie électrique est qu'il reste la source d'énergie primaire la moins coûteuse. On ne peut aboutir à ce résultat qu'en choisissant pour son extraction des procédés qui soient à la fois les plus modernes et les mieux appropriés du point de vue technique comme du point de vue économique. Cette condition préalable est particulièrement importante du fait qu'avec l'accroissement escompté de la production de charbon ou lignite, l'évacuation des morts-terrains devra passer de 1.600 à 2.700 Mio.m^3, ce qui portera le rapport moyen stériles/charbon à 4,5 au lieu de 3,3. Un accroissement de la productivité en t/Hp, ainsi qu'en « unités-matériaux » par Hp, est nécessaire si l'on veut que le charbon puisse continuer à soutenir, sur le plan économique, la concurrence des diverses autres formes d'énergie primaire. On peut espérer que cette productivité va augmenter de 40 %, mais cet accroissement ne sera obtenu que par une planification fondée sur les résultats de recherches concrètes et sur l'évaluation mathématique des données pertinentes. Les principaux changements qui se produiront au cours des prochaines années concerneront les domaines suivants : 1) Dans les méthodes d'exhaure, on recourra de plus en plus au dénoyage par puits partant de la surface. 2) Pour le transport de masses considérables, l'évacuation directe est la forme la plus économique de transport. Là où cette situation est possible, c'est-à-dire en présence de terrains rocheux fermes ou de strates peu consistantes où les gisements se présentent en veines uniformes, les machines pour le travail en discontinu — tels que excavateurs à pelles, draglines et gros véhicules à moteur — resteront utilisées. Là où les terrains sont peu consistants, on appliquera de préférence le travail en continu en recourant à une combinaison d'excavateurs à roue-pelle et de convoyeurs à bande. L'évacuation des morts-terrains se fait au mieux lorsqu'on relie la sauterelle à l'excavateur, directement ou par l'intermédiaire d'un convoyeur individuel à bande. 3) Les convoyeurs à bande se sont révélés supérieurs aux trains de wagons. Le progrès marquant sera le passage à l'utilisation de rouleaux en guirlande souple formant un angle de 35 à 40°, et éventuellement leur suspension sur des cadres en câbles métalliques.

IND. **B 53** Fiche n° **54.287**

W.E. TRAUFFER. Warner's new 450-TPH plant is the first step in the modernization of its Morrisville, Pa, sand and gravel operations. *La nouvelle installation de 450 t/h de Warner est le premier pas dans la modernisation de ses exploitations de sable et gravier de Morrisville, Pennsylvanie.* — **Pit and Quarry,** 1969, novembre, p. 92/99, 15 fig.

L'exploitation de sable et gravier de Morrisville, Pennsylvanie, comporte l'emploi d'une pelle excavatrice électrique, sur chenilles, de 4,5 m^3, avec flèche de 33 m, qui dépose les produits en tas alignés de 15 m de hauteur, d'où ils sont chargés par un camion chargeur frontal de 5 m^3 qui les amène aux trémies mobiles de 20 t. Un système de convoyeurs déplaçables transporte alors les produits à l'installation de préparation qui comprend des appareils de criblage, tamisage, lavage, décantation, mise en tas, etc. dont on donne la description détaillée et le schéma de circuit. L'installation est automatisée et contrôlée à partir d'une cabine centrale.

IND. **B 54** Fiche n° **54.361**

A. BLAKECALDWELL. Phelps Dodge's new Tyrone Cu Complex. *Le nouveau complexe du cuivre de Ty-*

rone, de la Phelps Dodge Corp. — **Mining Engineering,** 1969, décembre, p. 29/36, 16 fig.

L'exploitation de cuivre de Tyrone, dans le Nouveau Mexique, est alimentée en eau par la rivière Gila, distante de 40 km. Elle doit donc posséder des équipements de pompage et des bassins réservoirs de grande importance. L'installation de préparation est à un niveau supérieur de 450 m à celui de la rivière. L'exploitation, à ciel ouvert, est encore dans la phase préparatoire : construction d'une petite ville pour le personnel, voies de communication et transport, etc. L'enlèvement de 99 Mio.t de découvert a été effectué par 6 pelles électriques de 9 m^3 et 27 camions de 85 t. Les tranches de 15 m sont attaquées à l'explosif avec trous de mines de 0,30 m de diamètre, distants de 10 m. On pense pouvoir commencer à attaquer par dissolution le minerai extrait en 1972 ou 1973. La préparation mécanique vient d'être achevée. Le minerai est surtout formé de chalcosine, dans des roches porphyriques. La phase de préparation aura duré vingt ans. Les installations sont prévues pour traiter 25.000 t/jour, avec possibilité d'expansion à 40.000 t/jour.

IND. **B 54** Fiche n° **54.423**

P. RESKA. Planungen in Steinbrüchen von Klein- und Mittelbetrieben in Hinblick auf höhere Leistungen und damit verbundene Rationalisierungseffekte. *Les programmes dans les carrières des petites et moyennes exploitations en vue de l'obtention de rendements plus élevés et des effets de rationalisation y associés.* — **Berg- und Hüttenmännische Monatshefte,** 1969, octobre, p. 336/339, 2 fig.

Par quelques exemples judicieusement choisis et décrits brièvement, l'auteur montre dans quelles directions il convient d'orienter les mesures à appliquer en vue d'une rationalisation d'une carrière déjà en exploitation. Ces exemples ont trait : 1) A la modernisation et à la reconstruction d'une carrière effectuées avec des moyens d'investissement réduits, en exigeant surtout plus de rigidité et d'austérité de la part du déroulement des opérations - 2) A la reconversion en vue d'un accroissement de la capacité de production - 3) A la reconversion basée sur la mise en œuvre de nouvelles méthodes et d'équipements modernes d'exploitation, de grande puissance. L'auteur attire l'attention sur le fait que, lors de l'élaboration des plannings de telles reconversions, on ne doit jamais perdre de vue que l'objectif essentiel est d'aboutir le plus rapidement possible à une amélioration tant des rendements que des coûts de revient.

IND. **B 54** Fiche n° **54.424**

F. DAUBE. Planung und Durchführung der Arbeiten beim Aufschluss eines neuen Streinbruches. *Planification et exécution des travaux lors de l'ouverture d'une nouvelle carrière.* — **Berg- und Hüttenmännische Monatshefte,** 1969, décembre, p. 433/440, 11 fig.

1. Raisons ayant motivé l'ouverture d'une nouvelle carrière de pierre à chaux à Wülfrath - 11. Exigences relatives à la qualité des produits - 12. Accroissement de la capacité de production - 13. Fixation des moments et périodes où la production doit être effective - 2. Situation topographique du site et géolosie du gisement - 3. Prospection préalable - 31. Reconnaissance de l'épaisseur de la couverture des morts-terrains - 32. Forages carottés en vue de la connaissance des qualités chimiques du calcaire - 33. Levés géométriques en vue de déterminer la position optimale des niveaux d'exploitation par gradins, c'est-à-dire des banquettes de roulage, et la qualité de l'infrastructure du roulage - 4. Planification par réseau (graphes, network) des travaux de découverte de préparation et d'ouverture des gradins - 41. Explications relatives à la technique de planification par réseau utilisant le « critical path » (chemin critique) - 42. Interdépendance des activités complexes dans le planning par graphe - 43. Déroulement chronologique des activités jusqu'à l'obtention du régime de production prévu au programme - 5. Considérations finales et prévisions.

Biblio. 4 réf.

IND. **B 62** Fiche n° **54.288**

K.R. RAWLING. Commercial solvent extraction plant recovers copper from leach liquors. *Une installation commerciale d'extraction de cuivre par dissolution et traitement chimique et électrique.* — **World Mining,** 1969, décembre, p. 34/37, 3 fig.

La mine Bluebird de Ranchers Exploration and Development Corp., dans l'Arizona, est minéralisée en chrysocolle contenue dans des veines traversant du granite décomposé et des schistes. Ce minerai est facilement attaqué par des scorificateurs et chargé dans des scrapers qui l'amènent sur des aires dont le sol est cimenté. Des tas de 6 m de hauteur sont arrosés par une liqueur acide de concentration décroissante pendant 100 ou 180 jours. Le liquide, après dissolution du cuivre, subit ensuite un traitement chimique et électrolytique dont l'article fournit la description détaillée. Le cuivre cathodique recueilli est pur à 99,9 %.

IND. **B 72** Fiche n° **54.400**

G. SCHMIDT. Der Meridianweiser als Richtungsweiser durch die Schwäbische Alb. *L'indicateur de méridien utilisé comme indicateur de direction dans le tunnel creusé à travers l'Alpe de Souabe.* — **Glückauf,** 1970, 22 janvier, p. 84/86, 2 fig.

La station d'épreuve, d'essai et d'étalonnage de

l'Institut de nivellement et de topographie minière de la Westfälische Berggewerkschaftskasse (Caisse Commune des Charbonnages de Westphalie) de Bochum a élaboré les données géométriques de direction pour l'exécution correcte du tunnel (21,4 km de longueur totale) creusé sous l'Alpe de Souabe et destinées à la boussole gyroscopique (indicateur de méridienne MW 4a). Pour de telles longueurs de creusement, les opérations de mesure et de contrôle des directions et des niveaux requièrent un soin particulier, d'autant plus qu'en l'occurrence on ne disposait que de puits verticaux pour transmettre la méridienne de la surface du fond et que, en raison de la conformation de ces puits, la seule méthode courante applicable était celle des deux fils à plomb excentriques; la mise en œuvre de l'indicateur de direction MW 4a devait donc couvrir au maximum le maître d'œuvre et l'entrepreneur, tant par la précision que par la fiabilité dont cet appareil est capable.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT.

IND. C 222 Fiche n° **54.269**

A. SCHAEFFER. Le pantofore. — **Mines et Chimie,** n° 140, 1969, 4me trimestre, p. 139/145, 9 fig.

Cette machine prototype, mise en service le 17.9.1967, a été étudiée par les Houillères du Bassin de Lorraine (au siège Merlebach-Cuvelette) avec les Etablissements Montabert qui l'ont construite. Son but est de mécaniser les différentes opérations dans le cycle de travail des chantiers d'abattage en dressants, où le tir à l'explosif est maintenu. L'auteur décrit successivement : 1) L'équipement Pantofore - 2) Son mode de fonctionnement - 3) La méthode de travail appliquée à Merlebach-Cuvelette dans la couche Erna III (ouverture 4,60 m, inclinaison 83°) en collaboration avec le Pantofore - 4) Les opérations à front - 5) Les opérations au chantier, avant, pendant et après le remblayage hydraulique - 6) Le cycle d'abattage - 7) Les résultats acquis à ce jour et qui paraissent encourageants.

IND. C 4220 Fiche n° **54.182**

B.N. WITTAKER. Coal ploughing. Scientific evaluations of the plough cut. *Le rabotage du charbon. L'évaluation scientifique de la coupe.* — **Mining and Minerals Egineering,** 1969, décembre, p. 10/16, 4 fig.

Le Centre de Recherche du N.C.B. a entrepris des recherches systématiques sur le rendement du rabotage des couches de charbon en tenant compte des caractéristiques de la couche et de l'équipement utilisé. Des mesures en laboratoire ont déterminé la résistance à la compression et à la traction de la couche, tandis que des essais sur place déterminaient la résistance à la pénétration, la dureté (méthode Schmidt par rebondissement), la fréquence des clivages, l'indice de rabotabilité. Les méthodes de mesure au pénétromètre et par d'autres procédés sont exposées avec leurs résultats enregistrés. La profondeur de coupe, la vitesse, la poussée sont étudiées de manière à ne pas excéder la charge du mécanisme de traction ni, surtout, la capacité du convoyeur blindé. Les relations entre les éléments sont établies et les principales conclusions sont les suivantes. La profondeur de coupe imposée du rabot doit utiliser rationnellement la force de halage plutôt que de dépasser certaines limites, avec, pour résultat, de fréquentes avaries ou pannes de matériel. La capacité portante du convoyeur blindé doit permettre au rabot de couper de façon continue sans risque de surcharge locale. L'étude de la couche sur place doit naturellement tenir compte de sa division en plusieurs lits dont le charbon possède des caractéristiques différentes.

IND. C 4222 Fiche n° **54.276**

H.J. LUERIG. Untersuchungen des Versuchsfeldes Bergtechnik zum Betrieb von Hobelanlagen bei fallend geführtem Abbau. *Etudes de la station expérimentale « technique minière » relatives au fonctionnement d'installations de rabot, dans une exploitation à front de déhouillement descendant.* — **Glückauf-Forschungshefte,** 1969, décembre, p. 293/297, 7 fig.

Au stand d'essai de la Bergbau-Forschung GmbH (Essen-Kray), on a étudié deux installations de rabot, l'une avec rabot-ancre et l'autre avec rabot Méga à rampe et ce, en vue de déterminer leur capacité d'abattage, de transport et de chargement, lorsqu'elles sont installées le long d'un front de taille descendant (c'est-à-dire progressant selon la pente). A la suite des résultats de ces essais, il s'avère que ces deux types de rabot — dans leur forme commerciale actuelle — ne sont guère appropriés à leur mise en œuvre efficace, lorsqu'existent des pentes latérales relativement élevées, dirigées vers le front. Les guides en planches disposés le long du convoyeur de taille, côté front, présentent certains avantages en ce qui concerne l'abattage et le transport. Par ailleurs, il est possible d'obtenir du rabot une meilleure capacité de chargement en modifiant, d'une manière adéquate, le profil du corps de rabot et en imposant à l'installation de rabotage un mode de fonctionnement approprié. Les particularités mécano-techniques de la méthode d'exploitation ont une influence sur la section transversale du chargement du couloir de convoyeur, la répartition des efforts de traction dans les deux chaînes et les coefficients de résistance au mouvement. Plus les inclinaisons latérales du fond des couloirs sont élevées, plus grandes sont les

puissances motrices exigées tant au rabot qu'au convoyeur. Cette observation ne fait que confirmer que le fonctionnement harmonieux et sans dérangement qu'on attribue au convoyeur à deux chaînes situées à l'extérieur du couloir est contestable.

IND. **C 4226** Fiche n° **54.309**

W. SCHAEFFER. Derzeitiger Stand der Entwicklung hochfester Rundstahlketten für den Bergbau. *Etat actuel du développement de chaînes en acier rond, à haute résistance, destinées aux mines.* — **Glückauf,** 1970, 8 janvier, p. 17/26, 21 fig.

Dans les longues tailles, pour des causes multiples, les chaînes, tant du rabot que du convoyeur à raclettes, subissent de nombreuses dégradations. Comme causes essentielles, on signale : la rupture forcée, celle provenant d'un outrepassement de la limite d'allongement du métal, et celles résultant du nombre de sollicitations subies et de la durée de service. Les causes d'endommagement sont influencées par des défauts de la matière première et de la fabrication, par l'usure et la corrosion, par des fausses manœuvres, par un manque d'entretien et par l'existence de conditions géologiques dérangées. Pour les développements futurs des chaînes, les exigences suivantes revêtent une importance primordiale : 1) L'allongement qui correspond à la charge appliquée lors de l'épreuve devrait être aussi faible que possible afin que l'aptitude de la chaîne à absorber la charge se situe à l'intérieur des limites imparties à son domaine de travail. La charge appliquée lors des épreuves doit rester suffisamment au-delà des efforts que les têtes motrices des installations peuvent engendrer. 2) Chacun des maillons de chaîne doit posséder — y compris au voisinage des surfaces de soudage — une ténacité élevée afin que les flexions et les entailles, qu'on ne peut pas toujours éviter en cours de marche, n'affectent qu'au minimum tant la résistance à la rupture que la longévité du maillon. 3) Si l'on considère les « sur-sollicitations » subies et dues, par exemple, à des dérangements géologiques, il apparaît une valeur de résistance à la rupture souhaitable qui ne doit être atteinte qu'après un grand allongement de rupture. 4) Concernant la résistance en fonction du nombre d'applications de la charge (entre 3.10^4 et 5.10^4), la chaîne devrait pouvoir supporter, sans déformation, des « à-coups » de tension les plus élevés possibles. 5) Par des mesures relatives au fonctionnement et à la construction, il importe de veiller à ce que l'on empêche autant que possible les entailles, c'est-à-dire la réduction de section du rond d'acier, soit par corrosion, soit par la formation de martensite au frottement. Il convient de trouver un compromis dans lequel les exigences individuelles formulées par l'utilisateur au fond soient satisfaites selon les proportions d'un dosage correct et optimal. Vu les aspects complexes et multiples du problème, il est souhaitable que, pour un développement bénéfique des chaînes, une collaboration harmonieuse s'établisse entre producteur d'acier, constructeur de chaînes et utilisateurs.

Biblio. 15 réf.

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS. SOUTENEMENT

IND. **D 20** Fiche n° **54.346**

K.H. HOEFER. Probleme der Gebirgsmechanik im Bergbau der DDR. *Problèmes de la mécanique des roches dans les mines de la République Démocratique d'Allemagne.* — **Bergakademie,** 1969, décembre, p. 701/708, 14 fig.

En vue d'illustrer l'importance que les connaissances scientifiquement fondées revêtent tant pour la sécurité minière que pour la sécurité publique, l'auteur décrit certains exemples typiques d'événements catastrophiques dus à la méconnaissance des lois élémentaires de la géomécanique. Les problèmes de mécanique des roches doivent être attribués à des problèmes physiques fondamentaux relatifs au comportement du massif rocheux soumis à des conditions extrêmes d'une situation complexe de contraintes; l'auteur illustre par quelques exemples certains de ces problèmes.

Biblio. 23 réf.

IND. **D 21** Fiche n° **54.435**

K.H. HUELSMANN. Der Bergbau in seiner Auswirkung auf den Baugrund unter besonderer Berücksichtigung des Niederheinisch-Westfälischen Steinkohlengebiets. *L'effet des exploitations minières sur les constructions de surface et les terrains à bâtir se référant, en particulier, au bassin houiller Bas-Rhin/Westphalie.* — **Bergfreiheit,** 1970, février, p. 33/42, 13 fig.

L'auteur décrit brièvement les propriétés des terrains à bâtir et des assises des constructions de la surface, subissant l'influence d'exploitations minières souterraines; il souligne les différences qui apparaissent dans celles-ci selon qu'il s'agit de la présence en surface de roches compactes ou de sol meuble. Dès que les effets d'ouvrages miniers en profondeur ont cessé d'agir, les facteurs suivants caractérisent l'auge finale d'affaissement : amplitude de l'affaissement, modification de la pente locale des bancs, courbure et plissement de ceux-ci, déplacements latéraux, variations de longueurs, fracturation et fissuration, etc. Il est possible de prévoir et de calculer a priori la nature et la grandeur de ces déformations et déplacements. La composition des terrains sus-jacents aux exploitations joue un rôle primordial;

une épaisse couverture de morts-terrains amortit les dégâts de surface. Plus la profondeur d'une exploitation donnée est grande, plus les effets induits en surface sont répartis sur une grande aire, ce qui diminue l'intensité de dégradation de la surface. Pour une exploitation de couche en dressant, les déformations de raccourcissement des longueurs à la surface se concentrent en particulier sur la moitié supérieure de l'exploitation. L'influence de la constitution pétrographique du toit revêt une grande importance tant pour le déroulement du processus dans le temps que pour la durée d'achèvement des mouvements. Des dérangements tectoniques peuvent canaliser et dévier les mouvements du massif rocheux et aboutir à la surface à la création de rejets étagés ou en forme d'escaliers. Une planification adéquate des travaux miniers peut utiliser les influences mutuelles des chantiers, dans le temps et dans l'espace, et ainsi réaliser une harmonisation de l'exploitation qui minimise les dégâts de surface.

Biblio. 12 réf.

IND. **D 2225** Fiche n° **54.243**

F.Q.P. LEIDING. Note on a volumetric technique for the determination of stress in rock. *Note sur une technique volumétrique pour déterminer les contraintes au sein des roches.* — **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy,** 1969, novembre, p. 84/88, 7 fig.

L'auteur décrit une technique et un instrument qui permettent de mesurer la variation en volume de l'intérieur d'un trou de sonde foré dans une roche soumise à des contraintes et à des déformations. Il montre que la connaissance de la déformation volumétrique permet une estimation pratique de la contrainte qui règne au sein de la roche. Il s'avère que le changement du volume intérieur d'un trou de sonde mesure l'effet combiné des contraintes verticale (γ') et horizontale (γ) ; toutefois, la valeur réelle de la contrainte ne peut être calculée à partir du changement de volume que si les contraintes horizontales sont connues avec suffisamment de précision. Il a été confirmé, dans la pratique, que dans les piliers une estimation approximative de la contrainte verticale γ' s'obtient en prenant le rapport

$$K = \gamma/(1 - \gamma').$$

On met actuellement au point une amélioration de la technique entraînant la mesure effective de ce rapport K.

Biblio. 9 réf.

IND. **D 2225** Fiche n° **54.345**

S.L. CROUCH. A note on the stress concentrations at the bottom of a flat-ended borehole. *Note sur les concentrations de contraintes au fond d'un trou de sonde à front d'attaque plat.* — **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy,** 1969, décembre, p. 100/102, 6 fig.

La technique du « doorstopper » utilisée pour déterminer l'état de contrainte de la roche exige, pour une application valable, que les facteurs de la concentration de contrainte au fond plat d'un trou de sonde soient connus. Les valeurs de ces facteurs publiées dans la littérature varient largement d'une source à l'autre. L'auteur a procédé à une analyse axisymétrique de ce problème, par la méthode de l'élément fini, relevant ainsi les facteurs de concentration de contrainte élastique pour différentes valeurs du rapport de Poisson.

Biblio. 7 réf.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS

IND. **E 0** Fiche n° **54.357**

A. GRIERSON. Mineral movement. *Le transport de* substances minérales (au fond). — **The Mining Engineer,** 1970, janvier, p. 251/256, 1 fig.

Allocution prononcée par le Président de l'Association des Ingénieurs des Mines des arrondissements miniers du Sud de la Grande-Bretagne, à l'occasion de l'assemblée générale annuelle, tenue à Londres le 10 octobre 1969. Il fait un exposé monographique de synthèse des différents modes de transports mécanisés appliqués actuellement dans les charbonnages britanniques tant pour les produits que pour le matériel et le personnel. Il fournit les caractéristiques techniques et les champs d'application rationnels de chacun d'entre eux, ainsi que la situation générale actuelle et les grandes lignes de l'évolution future. Les domaines suivants du transport au fond des mines de houille sont étudiés : 1) Roulage principal par locomotives (Diesel et électrique à trolley). 2) Convoyeur à bande - Convoyeur à chaînes et à raclettes. 3) Accessoires de convoyeurs. 4) Traînage par câble. 5) Transport hydraulique du charbon par pipes. 6) Roulage secondaire.

F. AERAGE. ECLAIRAGE HYGIENE DU FOND

IND. **F 411** Fiche n° **54.434**

H.D. BAUER. Tränken mit Calziumchloridzusatz. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Tränkwirkung. *Injection en veine d'eau additionnée de chlorure de calcium. Une possibilité d'améliorer l'efficacité de l'injection.* — **Bergfreiheit,** 1970, février, p. 26/33, 5 fig.

Les résultats des études effectuées par l'Institut de Recherche de la Silicose ont confirmé que, par l'addition de chlorure de calcium (CaCl2) à l'eau

d'infusion en veine, on obtenait une meilleure agglutination (pouvoir fixateur) des poussières de charbon que par infusion à l'eau pure. Les mesures de contrôle opérées au tyndalloscope ont montré que, dans le domaine des poussières ultra fines, l'efficacité de l'injection s'en trouvait généralement accrue de 30 %. Pour des raisons techniques d'application, l'injection de solution aqueuse de CaC12 se limitait jusqu'à des trous de 6 à 7 m de longueur, du fait que pour des trous plus longs — et conséquemment des volumes plus grands de charbon à traiter — on ne peut plus arriver à caser les cartouches d'injection car la longueur de trou nécessitée pour une étanchéité correcte devient trop courte. C'est pour cette raison qu'il serait opportun de pomper des solutions de CaC12 préalablement préparées. La station principale pour la lutte contre les poussières et la silicose du StbV à Essen — en collaboration avec la firme Hauhinco — vient de mettre au point une pompe doseuse qui, associée à une pompe ordinaire d'injection d'eau pure, permet d'infuser de telles solutions directement dans le massif. Ainsi, la voie se trouve ouverte pour procéder à des essais pour mettre à l'épreuve l'efficacité du CaC12 comme fixateur des poussières, tant dans la méthode de télé-injection que dans celle du long trou parallèle au front de taille. Il n'est pas possible d'extrapoler aux zones profondes les résultats de l'injection acquis dans la zone proche; en effet, dans celle-ci les joints du charbon sont ouverts et dès lors un bon débit d'eau de circulation peut s'établir. Par contre, dans la zone profonde du massif, les joints non encore ouverts peuvent filtrer le CaC12, en sorte qu'une distribution non satisfaisante du sel dans la masse en résulte. Les études que la station principale pour la lutte contre les poussières et la silicose va entreprendre, apporteront des éclaircissements. Par ailleurs, il devra subséquemment étudier si l'addition actuelle de 2,65 g de CaC12 par litre d'eau (déterminée par la vitesse de dissolution des cartouches d'injection coulées) présente un optimum sur le plan de l'efficacité de la lutte contre les poussières, ou s'il est possible, par d'autres proportions du dosage en CaC12, d'accroître l'effet fixateur des poussières.

Biblio. 7 réf.

IND. **F 53** Fiche n° **54.389**

NGUYEN-VAN-CHAN. Etude thermique au siège Darcy. — **Revue de l'Industrie Minérale,** 1969, décembre, p. 1051/1075, 14 fig. — **Charbonnages de France, Note Technique 5/1969.**

Au siège Darcy des Houillères de Blanzy, plusieurs causes (approfondissement des exploitations, remplacement du remblayage par le foudroyage, infusion d'eau, etc.) ont fortement dégradé les conditions climatiques des chantiers. On a enregistré en 1964, au niveau — 770, des températures de retour d'air de 32 °C avec un degré hygrométrique de 95 %. Une campagne de mesure a dès lors été effectuée, comportant des mesures de débits d'air et de diverses caractéristiques (pression, températures sèche et humide, degré hygrométrique), qui a permis d'établir le bilan thermique du siège. Celui-ci devait mettre en évidence les principales causes de dégradation climatique. Le dégagement de chaleur global en kcal/t nette peut être représenté grossièrement par l'expression $z2/14$, si z est la profondeur en m. L'étude a mis en évidence certaines sources de chaleur pouvant être éliminées avec des dépenses peu onéreuses : dégagement calorifique de l'eau d'exhaure, des venues d'eau chaude et du charbon abattu. Dans cet ordre d'idées, les moyens suivants de lutte contre la chaleur furent appliqués : 1) Isolement de la rigole et du batardeau supprimant le contact du courant d'air et de l'eau dans la rigole, par une nouvelle station d'exhaure placée dans le retour d'air - 2) Faire circuler l'air dans le même sens que les produits abattus - 3) Augmentation du débit d'aérage en modifiant notamment le ventilateur principal. Concernant ce dernier remède, l'incidence néfaste du débit d'air sur d'autres problèmes (poussières, échauffement et feux) s'oppose à augmenter ce débit autant qu'il serait nécessaire. C'est pourquoi il était nécessaire d'aborder le problème de la réfrigération. Divers essais ont eu lieu; on expérimente une machine à fluide frigorifère intermédiaire de 250.000 fg/h qui permettra d'obtenir des résultats intéressants dans une longue taille.

IND. **F 63** Fiche n° **54.367**

R.W. THOMPKINS et K.C. CHENG. The measurement of radon emanation rates in a Canadian uranium mine. *La mesure des taux d'émanation du radon dans une mine d'uranium du Canada.* — **The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1969, décembre, p. 1356/1362, 8 fig.

Le radon est un gaz qui donne des émanations dans les mines d'uranium; elles proviennent des parois rocheuses ou des surfaces de blocs de minerais abattus. Les conséquences physiologiques de l'absorption de ce gaz sont à redouter pour les poumons. Il importe de définir le niveau tolérable de la radiation et le taux d'émanation que l'aérage de la mine ne peut laisser dépasser. L'article décrit la méthode utilisée à la mine du Lac Elliot (Canada) pour mesurer l'émanation du gaz radon. La prise d'échantillon relève d'une technique spéciale assez laborieuse. L'instrument de mesure de la concentration en gaz radon est un compteur de scintillations photomultiplicateur.

IND. F 51 Fiche n° **54.280**

J. VOSS. Ein neues Verfahren zur Klimavorausberechnung in Steinkohlenbergwerken. *Nouvelle méthode pour le calcul a priori du climat dans les ouvrages miniers des charbonnages.* — **Glückauf-Forschungshefte,** 1969, décembre, p. 321/331, 3 fig.

L'auteur décrit une nouvelle méthode permettant de calculer l'élévation de la température et du degré hygrométrique du courant d'air au fur et à mesure qu'il chemine dans des galeries dont les différents tronçons présentent des taux d'humidité différents. La méthode dérive d'une application par itération des équations relatives au transfert de calories dans les terrains, à la transmission de chaleur par convection et à la vaporisation qui se produit à la surface aérienne des ouvrages miniers. Le calcul s'effectue par itération dans la mesure où le trajet emprunté par le courant d'air —par exemple, une voie ou une taille — est décomposable en de multiples sections de trajet et doit s'opérer successivement pour chacune des sections. Par ailleurs, le calcul comporte plusieurs aspects, entre autres : la détermination de la température des surfaces humides et les calculs d'itération proprement dits. Si l'on adopte cette formule, le calcul devient tellement vaste et ardu que seules les calculatrices électroniques sont capables de l'effectuer rapidement. Actuellement, on programme, en langage Fortran IV, plusieurs procédés de calcul valables respectivement pour les bouveaux, les voies d'exploitation et les tailles. On détermine les paramètres (η_f et λ_{aq}) de la transmission de chaleur, nécessaires à un calcul numérique, en procédant à des mesures précises de climat dans les galeries et les tailles. A l'aide de certaines valeurs caractéristiques du degré hygrométrique (η_f) relatives aux tailles foudroyées, l'auteur établit, par calcul, les courbes qui représentent graphiquement l'influence de l'état du courant d'air sur le rapport (ε_t) de l'absorption de chaleur sèche/à l'absorption de chaleur totale. Ces diagrammes constituent un auxiliaire utile permettant d'améliorer très sensiblement le calcul a priori des éléments du climat, par voie manuelle.

Biblio. 12 réf.

IND. F 51 Fiche n° **54.242**

A.M. STARFIELD. A rapid method of calculating temperature increases along mine airways. *Méthode rapide de calcul des accroissements de la température le long des voies de retour d'air dans les mines.* — **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy,** 1969, novembre, p. 77/83, 6 fig.

L'auteur décrit un nouveau programme de machine à calculer qui fut développé pour le calcul rapide des variations de température et d'humidité se produisant dans le courant d'air qui parcourt les voies de mine. Ce programme permet à l'ingénieur de la ventilation de calculer les accroissements de la température de l'air en fonction du trajet que celui-ci a parcouru, avec une facilité comparable à celle des graphiques et tables que l'on trouve dans les manuels et formules d'ingénieur. Pour un trajet d'air donné, l'information pertinente peut être introduite, côté alimentation de la calculatrice, soit par une carte perforée standard, soit directement par frappe dactylographique sur une unité télétype terminale télécommandée.

IND. F 15 Fiche n° **54.176**

G. GRASSMUECK. Ventilation problems in underground mining. Applicability of air curtains as air stoppings and flow regulators in mine ventilation. *Les problèmes de ventilation dans les exploitations souterraines. L'application à la ventilation minière des rideaux d'air comme obturateurs d'aérage et régulateurs de débit d'air.* — **The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1969, novembre, p. 1175/1185, 27 fig.

Le principe de l'emploi des rideaux d'air, inauguré au début de ce siècle, est appliqué dans deux types d'appareils : rideau vertical avec ventilateur soufflant de haut en bas et rideau horizontal avec ventilateur soufflant latéralement. L'article fournit les éléments du calcul des pressions et vitesses de l'air et décrit les particularités des appareils des deux types utilisés. Il donne les détails de construction de l'appareil de la firme Berry, de Lille, vulgairement appelé « chandelle » dans les mines de Lorraine. Il est à flux horizontal, portatif, actionné par un moteur de 2,2 kW, 3.500 tours; son poids est de 100 kg. Des expériences ont été organisées dans un tunnel expérimental à l'Ecole Polytechnique, avec une section de 2,40 $\times$2,40 m, et ensuite dans les voies d'une mine métallique, avec un rideau d'air Berry. Les résultats permettent de prédire dans quelles conditions un tel appareil est capable d'agir comme obturateur ou comme régulateur de débit d'air. La question intéresse les exploitants de mines métalliques canadiennes et l'adaptation de la méthode à certaines applications fait l'objet d'études nouvelles.

IND. F 441 Fiche n° **54.175**

P. CHMARA. Mine environments. Their makeup and control. The electronic scanner. An instrument for the rapid counting of konimeter dust spots. *L'environnement minier. Son appréciation et son contrôle. Le balayeur électronique. Un instrument de comptage rapide des plages de poussières par coniomètre.* — **The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1969, novembre, p. 1171/1174, 3 fig.

La mesure des concentrations de poussières dans les mines de l'Ontario depuis 1926 a été effectuée par coniométrie sur la base de l'expérience et

des méthodes acquises en Afrique du Sud. L'introduction d'un programme systématique de relevés semestriels des conditions d'aérage de toutes les opérations de l'exploitation dans les mines de l'Ontario a nécessité la création d'un instrument capable d'analyser les plages au coniomètre rapidement et exactement. La mise au point du « balayeur électronique » semble avoir répondu à ce besoin. L'article expose le programme suivant lequel tous les échantillons coniométriques pris dans les mines de l'Ontario sont analysés et dénombrés. Les comptages sont effectués dans les centres de la MAPAO (Mines Accident Prevention Association of Ontario) de North Bay. L'instrument en question comprend 5 parties essentielles : un microscope coniométrique, une caméra de télévision, une vigie (monitor), une unité de contrôle avec graduation spécialement conçue à cet effet, et une unité d'échelonnage rapide. Les mesures s'effectuent sur plaques d'échantillons préparées avec élimination des éléments carbonés et fixation des particules de poussières. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont considérés comme satisfaisants.

IND F 440 — Fiche n° **54.174**

H.N. DOYLE. Dust concentrations in bituminous coal mines. *Les teneurs en poussières dans les charbonnages.* — **The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1969, novembre, p 1161/1170, 3 fig.

L'article analyse les données fournies par les campagnes d'échantillonnage entreprises dans 29 charbonnages américains. Plusieurs bassins et plusieurs méthodes d'exploitation sont concernés. Les données montrent les niveaux relatifs de teneurs en poussières et les problèmes de contrôle qui se présentent dans l'industrie. Des tableaux permettent notamment de comparer les chiffres obtenus par des analyses de prélèvement dans des chantiers équipés de haveuses, de mineurs continus, dans différentes conditions d'exploitation.

IND. F 440 — Fiche n° **54.173**

G. KNIGHT. Dust-sampling research anr its application to mining. *La recherche sur l'échantillonnage des poussières et son application à l'exploitation des mines.* — **The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1969, novembre, p. 1155/1160, 6 fig.

Les résultats fournis par une campagne de recherches sur les poussières, exécutée aux laboratoires de la Section des Mines à Elliot Lake, démontrent que les dosages de poussières varient considérablement suivant le mode d'échantillonnage, la technique de dosage et les propriétés du nuage de poussières. On peut même dire que les dosages effectués par deux instruments quelconques diffèrent tellement que l'on peut difficilement en tirer des conclusions sur la relation entre la teneur en poussières et l'effet physiologique. Des études importantes sont entreprises pour définir et préciser, en termes techniques, les conditions d'environnement dans les mines. L'influence du choix du calibrage, des propriétés physiques, de la composition et du temps d'échantillonnage sur l'appréciation du degré de nocivité, est examinée et discutée. Les instruments considérés et comparés dans leurs résultats sont de trois types : échantillonneur par masse ou précipitateur électrostatique, échantillonneur par nombre, thermique ou coniomètre, et enfin par dispersion de lumière ou Tyndalloscope.

IND F 620 — Fiche n° **54.165**

J. KOVACIC. Der Grubenbrand im Betrieb Hinterschlagen der Wolfsegg-Traunthaler Kohlenwerks A.G. *L'incendie survenu au fond au chantier Hinterschlagen de la « Wolfsegg-Traunthaler Kohlenwerks A.G. ».* — **Montan-Rundschau,** 1969, novembre, p 257/262, 5 fig

Le dimanche 12 janvier 1969, à 19 h 30, alors que personne ne se trouvait dans la mine, il se produisit un déclenchement général du réseau électrique du fond. Par suite des fumées qui apparurent très tôt au puits de retour d'air, l'équipe d'électriciens puis celle des sauveteurs envoyées en reconnaissance localisèrent l'origine du déclenchement et du feu, dans un ancien point de chargement dans le quartier de la taille 30 Hinterschlagen. Un foyer spontané d'incendie y avait endommagé le câble TH (6.000 V). L'auteur rapporte chronologiquement les péripéties de la reconnaissance de la zone sinistrée, ainsi que de la lutte directe que les sauveteurs entreprirent immédiatement avec les moyens élémentaires disponibles sur place, tels que extincteurs à poudre, lance à eau. En raison de l'insuccès de ces mesures, la direction de la mine décida de procéder à une fermeture systématique de la zone sinistrée; on érigea, à des endroits judicieusement choisis, toute une série de barrages étanches (par gunitage) puis, derrière ceux-ci, on refoula de l'eau en vue de noyer le feu. Cette opération de grande envergure se poursuivit pratiquement pendant tout le mois de janvier, et ce n'est que le 5 février — d'après les résultats satisfaisants d'analyses du courant d'air du quartier — que l'on put franchir les serrements et reconnaître toute l'ampleur du sinistre. Le remontage de la taille 30 Hinterschlagen fut entamé et ce chantier put redémarrer normalement le 25 mars. On estime que le manque à produire qui avait résulté de cet incendie pouvait être évalué à 40.000 t et que le montant net des pertes subies s'élevait à environ 7,3 Mio. sh.

H. ENERGIE

IND. **H 401** Fiche n° **54.208**

R. RAVOTH. Die technisch-wirschaftliche Entwicklung in den siebziger Jahren : Stromerzeugung. *Le développement technique et économique des années 70 : La production de courant.* — **Glückauf,** 1969, 11 décembre, p. 1281/1283, 5 fig.

En République Fédérale Allemande, les centrales thermiques de charbonnages remplissent trois rôles essentiels : 1) la valorisation économique de la production charbonnière et, en particulier, des bas-produits - 2) la fourniture des sièges d'extraction et industries connexes en courant électrique, vapeur, air comprimé et chaleur - 3) la participation à la fourniture de courant aux secteurs publics. A l'heure actuelle, se poursuit une restructuration des besoins énergétiques de l'industrie charbonnière. La consommation en vapeur et en air comprimé est en nette régression en conséquence de la mécanisation et de la rationalisation des opérations minières. Egalement en ce qui concerne la fourniture de courant électrique à la consommation publique, certains changements se dessinent; ils se concrétisent par des quote-parts croissantes du pétrole et du gaz naturel à la production d'électricité globale. Cependant, vu que la consommation générale de kWh accuse un taux d'accroissement constant, la production électrique des charbonnages peut envisager rationnellement une augmentation sensible de sa capacité de production absolue. La promotion inconsidérée de ce développement présente toutefois certains dangers. Une politique énergétique appropriée doit constituer le préalable à une collaboration efficace et optimale de tous les domaines de l'énergie.

IND. **H 7** Fiche n° **54.212**

J. WHITTLE et J.C. DUPUY. Développement et expérience des fluides hydrauliques ininflammables. — **Revue Universelle des Mines,** n° 4, 1969, 15 décembre, p. 200/218 (avec discussion), 30 fig.

L'avènement des systèmes hydromécaniques et leur rapide extension dans l'industrie minière en particulier, ont aggravé les risques d'incendie, en raison de l'inflammabilité des huiles minérales conventionnelles utilisées comme vecteur de puissance. Cet état de fait a conduit les organes européens pour la sécurité des mines, à édicter des spécifications et conditions d'essais relatives aux liquides difficilement inflammables pour transmissions hydrauliques. Les auteurs font le point des fluides actuellement disponibles et répondant aux spécifications précitées. Ils mettent l'accent tout particulièrement sur les essais mécaniques, les caractéristiques d'utilisation, le choix et les précautions d'entretien de ces produits.

Résumé de la revue.

IND. **H 9** Fiche n° **54.209**

W. PETERS. Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung in den siebziger Jahren : Neue Technologien. *Le développement technique et économique des années 70 : Les technologies nouvelles.* — **Glückauf,** 1969, 11 décembre, p. 1283/1286, 6 fig.

L'industrie houillère se trouve aujourd'hui confrontée avec la tâche importante de rechercher de nouvelles possibilités d'écoulement du charbon; parmi celles-ci figure la conversion du charbon en d'autres formes d'énergie ou de matières premières. Dans cette perspective, deux moyens revêtent une importance particulière : d'une part, la conversion magnétohydrodynamique d'énergie (MHD) et, d'autre part, la gazéification du charbon par la chaleur dégagée par la fission nucléaire dans les piles atomiques. Dans un générateur MHD, les gaz, électriquement conducteurs à haute température, provenant de la combustion, soit de charbon ou de gaz (naturels ou autres), circulent à grande vitesse dans un canal qui traverse un champ magnétique de forte intensité. De ce fait, une tension électrique est directement engendrée, et on peut la recueillir aux électrodes du système. Si on parvient à vaincre les difficultés technologiques concernant la réalisation de ce principe de grande simplicité, on disposera de multiples applications. De plus, les générateurs MHD associés et combinés à des installations de cokéfaction continue permettraient d'utiliser, pour le processus de la cokéfaction, les effluents gazeux et les calories résiduelles de tels générateurs. La gazéification du charbon par les calories dégagées par la réaction de fission dans les réacteurs nucléaires, qui paraît être la forme de conversion du charbon la plus favorable du point de vue coût de revient, aboutit à la production d'un gaz de synthèse ou de méthane directement utilisables en lieu et place du gaz naturel.

I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES COMBUSTIBLES

IND. **I 0140** Fiche n° **54.206**

H. WEBER. Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung in den siebziger Jahren : Aufbereitung. *Le développement technique et économique des années 70 : la préparation mécanique.* — **Glückauf,** 1969, 11 décembre, p. 1274/1278, 6 fig.

La préparation mécanique du charbon a comme tâche essentielle d'élaborer, à partir du charbon brut extrait, un tonnage optimal de produits commerçables, avec le moins de dépenses possibles. Le passage au régime de travail à raison de trois postes/jour pourrait contribuer à réduire les coûts de la préparation mécanique par une mise à l'arrêt simultanée des capacités excédentaires résul-

tant d'une meilleure utilisation des installations. D'après ces considérations, en lieu et place des 58 installations de préparation mécaniques encore actuellement en activité dans la Ruhr — caractérisées par une capacité moyenne de traitement de 620 t/h — il n'en devrait subsister que 28 si l'on portait leur capacité moyenne de traitement à 1.000 t/h. A l'avenir, les nouvelles installations à construire — conçues et réalisées de façon optimale — devraient l'être à des endroits tels qu'il soit possible de garantir subséquemment une alimentation éventuelle en charbons étrangers et, simultanément une expédition, au meilleur compte, des produits livrés au commerce.

IND. I 11 Fiche n° **54.258**

H. PAULSEN. Axialdispersion des Mahlgutes in der Ein-Kamer-Kugelmühle. *Dispersion axiale du matériau broyé dans le broyeur à boulets à une seule chambre de broyage.* — **Zement-Kalk-Gips**, 1969, décembre, p. 554/559, 7 fig.

Il ressort des résultats de calculs et d'essais que, dans le cas du broyage en circuit ouvert d'une substance « marquée » au moyen d'un indicateur, la répartition dans le temps de la concentration de l'indicateur n'est pas en correspondance avec le spectre du temps de rétention à l'endroit x_i, dans le broyeur. La concentration a augmenté par rétrodiffusion de l'indicateur vers le point x_i. Il est possible de calculer la différence. A la décharge du broyeur, la répartition de la concentration dans le temps et le spectre du temps de rétention sont à nouveau en concordance. Le coefficient de diffusion se prête à l'appréciation du mélange axial du matériau. Pour sa détermination, l'auteur fournit une équation tirée d'une analyse dimensionnelle. Dans le cas d'un broyage fin, un coefficient élevé de diffusion peut révéler de mauvaises conditions de comminution. Pour terminer, l'auteur montre comment il est possible d'obtenir, à partir des paramètres du broyeur, les grandeurs caractéristiques de la fonction transitoire à la décharge lorsqu'on modifie le marquage à l'entrée.

Biblio. 6 réf.

Résumé de la revue.

IND. I 43 Fiche n° **54.054**

P. IOHN. Zur Hochfrequenztrocknung von Massengütern. *Le séchage par haute fréquence de matériaux en masse.* — **Aufbereitungs-Technik**, 1969, novembre, p. 652/656, 3 fig.

Pour réaliser le séchage par haute fréquence de matériaux en masse, il faut que ces derniers passent en continu à travers l'installation de séchage. Pour cette raison, les installations en exploitation sont presque exclusivement du type à bande. Un problème important est celui de l'évacuation permanente de l'eau expulsée, la recondensation de la vapeur de l'eau sur les plaques du condensateur et autres pièces conductrices devant être évitée à cause du risque de claquage. Un autre problème est posé par la compensation des variations de courant dans le circuit oscillant du générateur de haute fréquence, ces variations de courant étant provoquées par des changements dans la proportion solides/eau ou par des changements dans les caractéristiques du matériau lorsqu'il s'agit de mélanges de solides, c'est-à-dire par des modifications du diélectrique. Cette compensation peut être obtenue, soit par voie électrique, soit par voie radiométrique, et ce, soit en réglant la vitesse de bande pour adapter la durée de séchage, soit par couplage de compensation et réglage du générateur dans le but de supprimer la surcharge du condensateur, soit par réglage de l'alimentation.

Résumé de la Revue.

IND. I 44 Fiche n° **54.278**

D. WATZ. Die Bildung verschieden grosser Flocken aus einer Kohle-Wasser-Suspension. *La production de floculants de taille différente à partir d'une suspension charbon/eau.* — **Glückauf-Forschungshefte**, 1969, décembre, p. 303/308, 10 fig.

Dispositif de mesure pour déterminer la taille des floculants - Influence du vieillissement d'une solution originelle sur la dimension d'agglomérés - Intérêt de la technique et de la durée de l'opération de mélange - Résultats d'essais qualitatifs et quantitatifs - Détermination des constantes - Considérations relatives à la cinétique de réaction de la floculation - Conclusions qui se dégagent des résultats d'essai en ce qui concerne l'épaississeur.

Biblio. 16 réf.

J. AUTRES DEPENDANCES DE SURFACE.

IND. J 18 Fiche n° **54.330**

W. BROTZ. Grundlagen der Wirbelschichtverfahren. *Principes à la base de la méthode de transport par couche fluidisée.* — **Chemie Ingenieur Technik**, 1952, n° 2, p. 60/81, 35 fig.

A partir de prises de vues photographiques, l'auteur donne un aperçu sur le comportement de matériaux grenus, transportés en vrac sous forme de suspension dans un liquide ou un gaz. S'appuyant sur la littérature disponible et sur des travaux personnels, il fournit des données quantitatives sur les valeurs : 1) de la perte de charge (chute de pression) dans les couches fluidisées animées d'un mouvement turbulent - 2) des vitesses maximale et minimale pour lesquelles persiste le mouvement turbulent - 3) sur l'étendue

de la couche fluidisée formée consécutivement au mouvement turbulent du matériau en grains. Des informations subséquentes sont données sur la viscosité des couches fluidisées, l'angle de talus, le transport de matière et de chaleur, l'abrasion du matériau grenu animé de turbulence, l'érosion des parois intérieures de couloirs, de même que sur les combinaisons chimiques qui peuvent survenir dans les couches fluidisées.

Biblio. 108 réf.

Y. CONSTITUTION, PROPRIETES ET ANALYSE DES COMBUSTIBLES SOLIDES FOSSILES.

IND. **Y 235** Fiche n° **53.766**

B. ALPERN et F. MAUME. Etude pétrographique de l'oxydation naturelle et artificielle des houilles. — **8e Table Ronde sur les Propriétés Physiques et Chimiques des Houilles et des Cokes,** tenue à la Bergbau-Forschung (Essen-Kray) les 28 et 29 novembre 1968. — **Doc. de la Borgbau-Forschung GmbH,** 29 p., 9 fig., 12 pl. — **Revue de l'Industrie Minérale,** 1969, novembre, p. 979/997, 21 fig.

A l'aide des techniques de la microscopie en lumière réfléchie, les auteurs ont étudié les effets de l'oxydation naturelle et artificielle sur les houilles. Ils ont d'abord examiné brièvement les résultats de l'oxydation à l'échelle géologique (affleurements) et ceux du stockage sur parc. Ils ont ensuite procédé à diverses oxydations en laboratoire en faisant varier la température, le temps et le rang du charbon d'origine. Ils ont caractérisé alors les aspects du réseau de fissuration qui se produisait, ainsi que le pouvoir réflecteur et la microdureté des bourrelets d'oxydation qui se créaient à la périphérie des grains et le long des fissures. Ils ont ensuite déterminé le comportement respectif des zones oxydées et intactes, au cours de la carbonisation. Par ailleurs, la localisation spatiale des éléments O et C a été précisée au moyen de la microsonde à électrons.

Résumé des auteurs.

K. CARBONISATION

IND. **K 20** Fiche n° **54.207**

B. HOFMEISTER. Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung in den siebziger Jahren : Verkokung. *Le développement technique et économique des années 70 : La cokéfaction.* — **Glückauf,** 1969, 11 décembre, p. 1278/1281, 6 fig.

Environ 40 % de la production houillère allemande sont destinés aux cokeries. Pour l'avenir prévisible, l'écoulement du coke est amplement assuré par la satisfaction des besoins des aciéries d'Europe Occidentale. Les principales tâches imposées pour les années futures concernent, avant tout, l'amélioration de la rentabilité et de l'économie de la cokéfaction; en effet, celles-ci, au cours des 20 dernières années, furent fortement affectées par la régression constante des recettes provenant des sous-produits de cokéfaction, tels que : ammoniaque, benzol, goudron, etc. Vu que 80 % du prix de revient total de la tonne de coke sont relatifs au charbon enfourné, il ne subsiste dès lors que 20 % du prix de revient sur lesquels on peut exercer une action effective. Toute réduction des dépenses doit tendre à s'opérer selon les voies suivantes : 1) Développement de la méthode conventionnelle en four à chambres horizontal - 2) Mise en œuvre d'une cokéfaction s'effectuant en continu, avec production de coke moulé - 3) Renoncement à la production non économique d'ammoniaque et en partie de benzol.

IND. **K 24332** Fiche n° **53.763**

P.J.A. BEUKES et C.C. LA GRANGE. Note on a proposed arbitrary quality classification of coke for use in interpreting experimental coke oven results. *Note sur une proposition de classification arbitraire de qualité du coke à utiliser pour l'interprétation des résultats de fours à coke expérimentaux.* — **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy,** 1969, octobre, p. 65/67. — **Fuel Research Institute of South Africa,** Information Circular n° 10.

Les fours expérimentaux de laboratoire utilisés pour établir la classification de la qualité des cokes fabriqués à partir des charbons sud-africains, proposée ici, sont respectivement : le four Iscor et le four F.R.I. (Fuel Research Institute). En l'occurrence, cette classification repose sur les indices Micum ordinaires et sur les indices modifiés. Les auteurs proposent, en outre, une autre classification pour les cokes produits à échelle industrielle; dans ce cas, elle prend en considération, en plus des indices Micum — ordinaires et modifiés — les résistances, d'une part, au shatter-test et, d'autre part, à l'abrasion. Pour terminer, l'article présente les résultats obtenus lorsqu'on cokéfie un mélange standard de charbons d'Afrique du Sud, dans trois types de fours expérimentaux, à savoir : le four commercial Iscor, les fours expérimentaux F.R.I. du type étroit (45 cm) et du type plus large (61 cm) et ce, en appliquant différentes méthodes de chargement.

Biblio. 5 réf.

P. MAIN-D'ŒUVRE. SANTE. SECURITE QUESTIONS SOCIALES

IND. **P 10** Fiche n° **54.205**

W. BORSCHEL. Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung in den siebziger Jahren : Grubensicherheit.

Le développement technique et économique dans les années 70 : La sécurité minière. — **Glückauf**, 1969, 11 décembre, p. 1272/1273.

Les développements de la technique et de la sécurité minières sont associés d'une manière inséparable. C'est la raison pour laquelle, si on veut réaliser les accroissements de rendement souhaités au cours de la prochaine décennie, tant dans les chantiers d'exploitation que dans les creusements de voies au rocher et au charbon, il importe, qu'en de nombreux cas, on prenne des mesures particulières et que l'on procède à des travaux de développement dans le domaine de la sécurité du fond. Ceci s'adresse avant tout à la maîtrise du méthane dans les couches fortement grisouteuses, au climat de la mine, à la lutte contre les poussières et à la protection contre les explosions de toute nature. Fort probablement, on doit s'attendre à ce que se poursuive la diminution — depuis si longtemps envisagée — de la fréquence et de la gravité des accidents, d'une part, et du nombre des victimes de la silicose et de la pneumoconiose, d'autre part.

IND. **P 120** Fiche n° **54.416**

M. CACHEUX et J. BOONE. Colloque Interbassins 1969 (Grenoble 20-23 mai). Commission n° 4. Comment améliorer l'efficacité de la prévention dans un siège. — **Charbonnages de France, Documents Techniques n° 6**, 1969, p. 257/265, 4 fig.

Ce rapport étudie d'abord le bilan de la prévention des accidents, depuis la fin de la guerre, et surtout dans les 10 dernières années; il en ressort que la politique de prévention a fait beaucoup diminuer les accidents légers, mais non les accidents graves. On examine donc comment améliorer la prévention. Connaissance des causes d'accidents — choix et mise en œuvre des actions de prévention qu'on passe rapidement en revue : réunions, campagnes de sécurité, etc. Conséquences de l'évolution, technique et adaptation à cette évolution; le rôle de la formation du personnel. Propositions pour une action « offensive » sur l'environnement et conditions de réussite d'une politique de prévention. Discussion.

Résumé Cerchar, Paris.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE.

IND. **Q 1102** Fiche n° **54.204**

K. SCHUCHT. Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung in den siebzieger Jahren : Förderung, Instandhaltung und Versorgung. *Le développement technique et économique des années 70 : transport, entretien et approvisionnement.* — **Glückauf**, 1969, 11 décembre, p. 1269/1272, 1 fig.

On peut classer les activités minières qui se déroulent dans les ouvrages du fond, d'une part, en processus principaux ou primaires — tels que abattage, creusement des ouvertures nécessitées par l'exploitation — et, d'autre part, les processus auxiliaires ou secondaires. Ces derniers qui comportent essentiellement le transport, l'entretien et la desserte, revêtent une importance décisive pour le déroulement harmonieux des processus principaux. L'évolution de la consommation en postes de main-d'œuvre montre toutefois que l'amélioration de la productivité dans les divers domaines d'exploitation qui sont responsables du déroulement correct des processus auxiliaires n'a pas progressé de pair avec celle des processus principaux de l'exploitation. Cette raison explique pourquoi le développement de la technique minière doit être renforcé afin de se soucier davantage de l'abaissement du nombre de journées prestées dans les domaines des activités secondaires. De plus en plus, il importe de tendre vers une mécanisation totale des travaux de maintien en état des sections d'ouvrages miniers nécessaires à l'exploitation, en particulier en recourant aux machines à rabasner. En vue d'alléger le transport de matériel, la technique de soutènement qui consiste à n'utiliser qu'une seule fois l'élément de soutènement (cadres abandonnés) doit être appliquée sur une plus grande échelle, en particulier, dans les voies d'exploitation retraitante.

IND. **Q 1102** Fiche n° **54.417**

F. BOUVIER et R. COUGOUILLE. Colloque Interbassins 1969 (Grenoble 20-23 mai). Commission n° 1. Amélioration du rendement fond dans un siège. — **Charbonnages de France, Documents Techniques n° 6**, 1969, p. 267/278, 3 fig.

Le rapport examine les progrès réalisés, et à réaliser, cette analyse étant faite en décomposant les travaux du fond en secteurs d'activité : tailles : soutènement marchant, machines d'abattages, extrémités de tailles, déblocage, traitement de l'arrière-taille, etc. — travaux préparatoires en veine et au rocher — services. Influence des facteurs généraux : les structures, les méthodes, la fiabilité du matériel. Importante discussion. Ce rapport est complété par des extraits d'un rapport de F. Benthaus : la réduction des postes effectués au fond dans l'industrie houillère de la R.F.A. et conclusions en vue d'une amélioration du rendement fond.

Résumé Cerchar, Paris.

IND. **Q 1103** Fiche n° **54.399**

F. HEISING. Der Führungsaufbau eines modernen Verbundbergwerks. *La structure de la direction d'un siège central moderne d'un regroupement de plusieurs puits.* — **Glückauf**, 1970, 22 janvier, p. 80/83, 3 fig.

Description de l'organigramme — conçu dès 1964 et dont la réalisation s'échelonna sur quatre années — du siège regroupé Grillo/Grimbert 12 de la Monopol Bergwerk GmbH (extraction en 1969, 9.000 t nettes par jour), ainsi que motivation des échelons structurels de cette nouvelle organisation qui s'applique tant aux travaux du fond qu'aux activités de la surface. L'organisation adoptée repose sur le principe qui consiste à attribuer à la « ligne » l'entière responsabilité de l'élaboration et de l'exécution des programmes d'exploitation, tandis que le Staff (état-major « fonctionnels ») a pour mission de seconder la ligne dans sa planification, d'exercer le contrôle des exploitations et d'exécuter certaines autres tâches auxiliaires. L'échange régulier entre ingénieurs de la ligne et du Staff exige de la part de ceux-ci la disposition à une étroite collaboration entre les deux domaines. Dans le cadre du schéma d'organisation récemment appliqué, conformément à un ordonnancement bien défini, les échelons individuels des divisions renovées travaillent en commun et ce, au cours de discussions régulières de programmes et au sein de conférences hebdomadaires regroupant les conducteurs des divisions établies; de tels contacts directs visent à coordonner les échelons individuels, dans le cadre du planning d'ensemble. Après un an de fonctionnement harmonieux, la nouvelle organisation a permis, d'une part, d'accroître notablement la production journalière du siège, tant en valeur absolue que spécifiquement et, d'autre part, d'améliorer sensiblement les rendements et les coûts de revient par tonne.

IND. Q 1104 Fiche n° **54.282**

K. STEEBUCK et H. DOMBROWE. Netzplantechnik und Datenverarbeitung als Hilfsmittel der Abbauplanung grosser Steinkohlenbergwerke. *La technique de planification par graphes et le traitement de l'information comme auxiliaire du planning d'exploitation de charbonnages importants.* — **Glückauf,** 1969, 25 décembre, p. 1321/1327, 10 fig.

Tâches du planning d'exploitation dans les charbonnages - Evolution de la présentation du planning en partant du diagramme classique (dit à poutre) au planning intégral, c'est-à-dire à graphes : 1) Représentation de l'écoulement dans le temps de processus ou d'opérations en connexion - 2) Exemple d'un planning par graphes pour l'exploitation de deux couches voisines - Mise à profit du planning intégral par graphes au moyen du traitement électronique (par ordinateurs) de l'information - Illustration par quelques exemples récoltés au siège Auguste-Viktoria - Flux des informations entre planification, exploitation et direction.

IND. Q 1140 Fiche n° **54.199**

H.P. KEMPER. Ein neuer Anfang für die deutsche Steinkohle. *Un renouveau de l'industrie charbonnière allemande.* — **Glückauf,** 1969, 11 décembre, p. 1248/1252, 3 fig.

La situation actuelle de l'industrie houillère de la R.F.A. est caractérisée par les trois faits suivants : 1) La production s'est maintenue, depuis 1967 jusqu'à présent, au niveau de 112 Mio.t. L'écoulement se situera pour 1969 vers 121 Mio.t. Les stocks à ce jour sont inférieurs à 7 Mio.t — contre 26,5 Mio.t en avril 1967 —; on présume qu'en fin 1969, ils seront réduits à 4,5 Mio.t. La situation des débouchés s'est donc ainsi fortement améliorée - 2) Le 12 mai 1969, est entrée en vigueur la loi d'« adaptation du charbon », loi essentiellement empreinte d'une nouvelle conception de l'économie charbonnière. Cette conception repose, en particulier, sur les prescriptions relatives à l'harmonisation de la production avec les possibilités d'écoulement, sur le regroupement ou la fusion des entreprises et sur la création d'une autorité fédérale présidant aux destinées de l'industrie houillère - 3) Résultant d'une collaboration et d'un accord entre l'Etat, les entreprises privées et les syndicats ouvriers, 24 sociétés houillères du Bassin de la Ruhr se sont groupées pour constituer la société unique « Ruhrkohle AG ». Dès lors, pour l'ensemble des cinq arrondissements miniers de la RFA, il ne subsiste actuellement que sept sociétés houillères. Cette opération d'envergure constitue la concentration la plus importante survenue dans les charbonnages, depuis leur origine. Ceux-ci doivent continuer à assurer, comme par le passé, l'approvisionnement énergétique de la République Fédérale. Pour aider à concrétiser cette tâche, deux situations de fait devraient être constamment présentes à l'esprit : a) Le taux de dépendance de l'approvisionnement énergétique de la RFA vis-à-vis des importations étrangères est passé, au cours des 10 dernières années, de 22 % à presque 51 % - b) Les importations de pétrole — celui-ci constituant la partie prépondérante des énergies importées — proviennent, en ordre principal, de régions que l'on ne peut considérer comme politiquement stables. Compte tenu du développement récent de la situation, il n'est plus possible de couvrir les coûts de revient d'ensemble des charbonnages, sans un relèvement des prix. Les incidences subséquentes de la mise en vigueur de barèmes imposés pour les houilles et les cokes ne devraient pourtant pas être sus-estimées.

IND. Q 1140 Fiche n° **54.200**

K.H. HAWNER. Unsere technisch - wirtschaftliche Chancen heute und morgen. *Nos chances techniques et économiques aujourd'hui et demain.* — **Glückauf,** 1969, 11 décembre, p. 1253/1257.

L'analyse de l'état actuel de l'industrie houillère de la République Fédérale d'Allemagne doit nécessairement constituer le point de départ pour l'établissement des tendances des développements technique et économique. Les charbonnages ouest-allemands atteignent à ce jour un rendement fond de presque 4 t/Hp; dans ce domaine, ils occupent la première place en Europe. A la base de cette productivité élevée se trouvent les concepts techniques suivants: 1) production au chantier de presque 800 t/jour - 2) concentration de l'ensemble des tailles au fond - 3) début de rationalisation des travaux préparatoires au rocher et au charbon, du transport du personnel, du charbon et du matériel, ainsi que des activités de surface - 4) début d'une concentration de l'industrie charbonnière sur les gisements les plus favorables. Malgré cette productivité élevée, il ne fut possible de compenser, que partiellement, par les résultats de la rationalisation, les augmentations de salaires et des prix des matières, intervenues au cours des 10 dernières années. La course entre la technique et les facteurs de hausse des coûts de revient se poursuit. Le but des charbonnages, pour la prochaine décennie, est d'atteindre un rendement fond de 8 t/Hp. A l'avenir, plus encore qu'actuellement, une valeur particulière doit être accordée à l'utilisation totale des capacités propres de chacune des installations. Aux charbonnages incombe le devoir de réaliser une réduction décisive des prix de revient par tonne par une mise à profit et une utilisation optimales des meilleures installations. Aux cokeries et aux centrales thermiques minières échoit la tâche de réaliser des unités caractérisées par une dimension, une technique et une implantation optimales.

IND. Q 117 Fiche n° **54.362**

P.J. URSO. The Kaiser coal project. *Le projet d'exploitation à ciel ouvert de la Kaiser Steel Corp.* — **The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1969, décembre, p. 1283/1289, 1 fig.

D'importantes réserves de charbon, soit plus de 100 Mio.t, exploitables à ciel ouvert, ont été récemment découvertes dans le S-E de la Colombie Britannique. On a décidé d'utiliser de puissants moyens capables d'atteindre une production de 4,2 Mio.t nettes par an. L'installation de préparation traitera du charbon calibré en dessous de 12 mm et sa capacité, d'abord de 1.000 t/h, est portée à 1.400 t/h. Elle sera divisée en quatre sections : dépoussiérage, liquides denses-cyclones à plusieurs étages, cyclones à eau et flottation. Les fines humides seront traités par un sécheur thermique de 70 t/h. Les transports se feront par trains unitaires et des installations de culbuteur, mise en stock et chargement sur bateau complètent le projet.

IND. Q 134 Fiche n° **54.213**

J.V. BEALL et W.F. HADDON. Copper in the Andes. *Le cuivre dans la Cordillère des Andes.* — **Mining Engineering,** 1969, novembre, p. 59/89, nombreuses photographies.

De nombreux gisements de cuivre existent dans la Cordillère des Andes, depuis longtemps exploités par les Indiens et actuellement en voie de développement avec les moyens modernes. Les exploitations, souterraines ou à ciel ouvert, menées par plusieurs sociétés américaines sous concession du gouvernement du Chili, sont envisagées successivement sous les noms de El Teniente, Chuqui, Exotica, El Salvador, Toquepala, Cobriza, Rio Blanco. La chalcopyrite est le minerai principal et la teneur en cuivre varie en moyenne entre 1 et 2 % avec quelques centièmes % de molybdène. Les roches associées sont éruptives, granites, diorites, etc. La production de minerai est voisine de 30.000 t/jour et sera doublée prochainement. Le personnel occupé par mine varie entre 1.000 et 10.000 hommes, y compris ceux qui sont affectés à la préparation mécanique, la fusion et le raffinage. L'article renseigne sur les particularités des principales exploitations, matériel utilisé et perspectives de développement. Il est illustré de nombreuses photographies en couleurs.

R. RECHERCHES. DOCUMENTATION.

IND. R 112 Fiche n° **54.360**

R. CHERADAME. La recherche industrielle doit être efficace. — **Synopsis,** 1970, janvier-février, p. 1/13.

Le titre de cet article et les deux affirmations par lesquelles le texte débute suffisent amplement à instruire le lecteur quant au sujet traité et à la personnalité de l'auteur. Il s'agit du rendement de la recherche ou, si l'on préfère, du second membre du couple « recherche - développement ». L'auteur est manifestement un « homme d'action », un responsable, en l'occurrence le directeur général technique du Cerchar. Il ne craint pas de partager l'expérience qu'il a amassée, et qu'on sent présente, vécue, tout au long de son témoignage. Son exposé se centre sur les thèmes clés suivants : I. Rendement du chercheur - 1) Choix des hommes - 2) Formation complémentaire - 3) Méthode de travail - II. Volume des services de recherches : 1) Diversité des appareils - 2) Diversité des chercheurs - 3) Prix de revient - III. Passage à l'utilisation des résultats : 1) Programme - 2) Passage du résultat à l'application industrielle (Relations entre chercheurs et exploitants. Conditions techniques de l'application) - 3) Applications complémentaires (La propriété industrielle - Action commerciale).

IND. **R 114** Fiche n° **54.201**

A. BOETTCHER. Notwendigkeiten und Möglichkeiten der Forschung. *Nécessités et possibilités de la recherche.* — **Glückauf,** 1969, 11 décembre, p. 1257/1261, 1 fig.

Le rythme d'accroissement des recherches est en hausse, mais une limite doit lui être imposée. Les recherches doivent surtout viser des objectifs précis et la mise en pratique des méthodes scientifiques existantes. La recherche doit, en principe, être subsidiée principalement par les pouvoirs publics, tandis que le développement doit être financé, en premier lieu — mais pas exclusivement — par l'industrie privée. Une entreprise ne peut effectuer sous contrat une recherche de caractère mondial. Il faut créer, en Europe, des organismes de recherches permanents travaillant en collaboration à l'échelle du continent; en effet, comparativement aux U.S.A., les unités de production dont nous disposons actuellement n'ont pas atteint la dimension qui leur permettrait de travailler seules.

S. SUJETS DIVERS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

IND. **S 9** Fiche n° **54.236**

P. BOURRELIER. Le problème de l'évolution de l'industrie du ciment. — **Revue de l'Industrie Minérale,** 1969, novembre, p. 953/956.

Caractéristiques de l'industrie du ciment. Il existe aujourd'hui une grande concurrence entre de multiples produits employés pour la construction, et le tonnage de leur fabrication va croissant par rapport à celui de l'extraction des minerais ou autres produits énergétiques. L'industrie du ciment se caractérise par un taux d'expansion de l'ordre de 5 % par an, ce qui est important parce qu'il exige un investissement annuel de l'ordre de 15 %, et aussi par un développement par bonds qui produit par moments des excès de capacité de production et par suite une certaine détérioration des marchés. *Actions entreprises.* Les principales préoccupations et actions que doit entreprendre le service correspondant de la Direction des Mines de concert avec la profession sont : la modernisation des usines, une restructuration de la profession dans le sens de la concentration (les sociétés étant trop nombreuses), une politique de baisse des prix, le renforcement de l'industrie cimentière française devant la concurrence internationale, la recherche technique, la modification du code minier pour les carrières, l'abaissement du prix des transports et enfin des prévisions économiques et de prospective pour la concurrence entre matériaux.

Résumé de la revue.

Combustibles minéraux solides
Nouvelles normes belges

L'Institut Belge de Normalisation vient de publier quatre nouvelles normes relatives aux combustibles minéraux solides sous les références suivantes :

NBN 831.01 : Détermination du taux de matières volatiles.
NBN 831.02 : Détermination de l'humidité de l'échantillon pour analyse.
NBN 831.03 : Détermination du taux de cendres.
NBN 831.04 : Détermination de l'humidité totale du charbon.

Ces normes, basées sur les Recommandations de l'Organisation Internationale de Normalisation, remplacent les méthodes ABS 56 - 1934 de l'Association Belge de Standardisation.

Le changement le plus marquant est celui qui résulte de l'introduction de la nouvelle norme sur la détermination du taux de matières volatiles.

L'ancienne méthode ABS 56-13 prévoyait une détermination au double creuset pendant 40 minutes à 1050°C. La nouvelle norme NBN 831.01 prévoit une détermination au simple creuset pendant 7 minutes à 900°C.

Il en résulte une réduction systématique des indices de matières volatiles, l'écart pouvant devenir particulièrement important dans le cas des anthracites.

A titre documentaire, nous reproduisons au tableau ci-après les valeurs comparatives des taux de matières volatiles déterminés suivant les deux méthodes, telles qu'elles résultent d'une étude publiée par INICHAR en avril 1968 (*).

Soulignons qu'à l'heure actuelle, le mode opératoire découlant de la Recommandation ISO est appliqué en

(*) W. Duhameau : Etude comparative de la détermination de l'indice de matières volatiles des charbons suivant différentes normes. **Inichar.** Bulletin Technique « Houille et Dérivés » n° 37, 1968, avril.

Vaste minerale brandstoffen
Nieuwe Belgische normen

Het Belgisch Instituut voor Normalisatie publiceerde zopas vier nieuwe normen betreffende de vaste minerale brandstoffen, onder de volgende referenties :

NBN 831.01 : Bepaling van het gehalte aan vluchtige bestanddelen.
NBN 831.02 : Bepaling van het watergehalte van het analysemonster.
NBN 831.03 : Bepaling van het asgehalte.
NBN 831.04 : Bepaling van het totale watergehalte van steenkolen.

De normen, die steunen op de aanbevelingen van de « Organisation Internationale de Normalisation », vervangen de methoden ABS 56 - 1934 van de Belgische Vereniging voor Standardisatie.

De meest ingrijpende verandering is die welke voortkomt uit de invoering van de nieuwe norm betreffende de bepaling van het gehalte aan vluchtige bestanddelen.

De vroegere methode ABS 56.13 voorzag een bepaling in de dubbele kroes gedurende 40 minuten op 1050°C. De nieuwe norm NBN 831.01 voorziet een bepaling in de enkele kroes gedurende 7 minuten op 900°C.

Dit leidt tot een systematische vermindering van de indexen van de vluchtige bestanddelen, en dit verschil kan bijzonder belangrijk worden in het geval van de antracieten.

Ten titel van documentatie geven wij in de volgende tabel de gehalten aan vluchtige bestanddelen bepaald volgens de twee methoden, zoals die voorkomen in een studie die door INICHAR in april 1968 werd gepubliceerd (*).

We wijzen erop dat de werkwijze die voortvloeit uit

(*) W. Duhameau : Vergelijkende studie der bepaling van het gehalte aan vluchtige bestanddelen van steenkolen volgens verschillende normen. **Inichar.** Technisch Tijdschrift Steenkool en Derivaten, nr 37 - 1968, april.

Grande-Bretagne, en France et en République Fédérale Allemande. La décision prise par l'IBN constitue donc un alignement de la méthode belge sur les méthodes en vigueur dans l'ensemble des pays d'Europe Occidentale.

de Aanbeveling ISO thans wordt toegepast in Groot-Brittannië, Frankrijk en West-Duitsland. De door het BIN genomen beslissing betekent dus een aanpassing van de Belgische methode aan de methoden die in de andere Westeuropese landen van kracht zijn.

Taux de matières volatiles (% sur charbon sec) suivant la méthode ABS 56.13 et la Recommandation ISO/R 562.

Type de charbon	Méthode ABS	Méthode ISO	Ecart
Anthracite	7,56	5,94	— 1,62
Anthracite b	10,77	9,60	— 1,17
Maigres	12,65	11,64	— 1,01
Demi-gras	17,31	16,37	— 0,94
Gras A	24,32	23,53	— 0,79
Gras B	31,68	31,21	— 0,47
Gras B	36,35	35,68	— 0,67

Gehalte aan vluchtige bestanddelen (% op droge steenkool) volgens de method ABS 56.13 en de Aanbeveling ISO/R 562.

Type van steenkool	Methode ABS	Methode ISO	Verschil
Antraciet	7,56	5,94	— 1,62
Antraciet b	10,77	9,60	— 1,17
Magere	12,65	11,64	— 1,01
Halfvette	17,31	16,37	— 0,94
Vette A	24,32	23,53	— 0,79
Vette B	31,68	31,21	— 0,47
Vette B	36,35	35,68	— 0,67

Bibliographie

K. RANKAMA. The geologic systems. The Precambrian. Vol. 4. Les systèmes géologiques. Le Précambrien. Vol. 4. — **John Wiley and Sons Inc.** (New York, London, Sydney, Toronto), « Interscience Publishers », 1970, 288 p., nombr. fig. Prix : 185 sh.

Cet ouvrage fait partie de la série consacrée aux vieux systèmes géologiques de notre planète déjà publiés chez John Wiley and Sons Inc. « Interscience Publishers ». La précision, la minutie, l'esprit cartésien d'analyse et de synthèse et le souci du fini restent essentiellement les qualités caractéristiques des publications de géologie éditées sous le patronage de K. Rankama.

Cet exposé analytique très fouillé — rassemblant des informations dispersées ou difficilement accessibles — constitue une vaste fresque des formations précambriennes d'une zone étendue du continent nord-américain. Celle-ci couvre, en effet, les USA et le Mexique depuis la côte atlantique et celle du golfe du Mexique jusqu'à la côte pacifique, soit une région de plus de 10 millions de km² comprise entre les 16e et 48e parallèles de l'hémisphère nord.

L'éditeur a confié à des spécialistes locaux renommés la tâche de rédiger, selon leur spécialité propre, un des volets parmi quatre que comporte le livre. C'est ainsi que, pour les USA :

— P.B. KING du Service Géologique des USA (Californie) présente la partie S-E de son pays;

— P.T. FLAWN et W.R. MUEHLBERGER, tous deux professeurs de géologie à l'Université d'Austin (Texas), traitent de la partie centrale et méridionale des USA;

— C.P. ROSS, géologue, ingénieur conseil à Denver (Colorado), a entrepris l'étude de la partie N-W, c'est-à-dire la grande série du Belt.

Pour le Mexique, Z. de CSERNA, professeur de géologie à l'Université Nationale Autonome de Mexico, a accepté d'analyser le Précambrien de son pays.

Pour chacune de ces études partielles, le plan général ci-après a été suivi grosso modo :

1) Carte géologique du Précambrien. Structure et affleurements des formations.

2) Stratigraphie : classification du Précambrien : divisions et subdivisions en groupes et séries de formations. Les limites interséries. Critères pour permettre de reconnaître les composants stratigraphiques. Corrélations interséries.

3) Généralités sur l'histoire géologique. Faits marquants et points de repères.

4) Caractères et étapes de la genèse du Précambrien : origine marine, continentale ou lacustre des différentes séries typiques.

5) Lithologie : description lithologique des divers types de roches. Substratum et massifs primaires. Roches plutoniques, magmatiques, intrusives, volcaniques, etc. Influences métamorphiques.

6) Tectonique. Histoire des grands plissements orogéniques. Signification géotectonique des données observées.

7) Dépôts et gisements minéraux. Ressources minérales utiles et exploitables.

8) Synthèses, hypothèses et interprétations diverses.

9) Bibliographie.

Chacune des parties de cet ouvrage de documentation de niveau scientifique très élevé peut être citée en modèle comme synthèse de l'histoire géologique du Précambrien du Nouveau Monde.

De nombreuses cartes géologiques et des illustrations judicieusement choisies rehaussent l'intérêt du texte.

Deux index alphabétiques, l'un pour les noms d'auteurs, l'autre pour les sujets traités, rendent aisées la recherche et la compulsation.

L'ouvrage se termine par une bibliographie comportant 739 références.

G.V. SAMSONOV et V.N. BONDAREV. Germanides (Germaniures). — Ed. **Primary Sources,** New York, août 1970, in-8° cartonné, 233 p, 112 fig Prix : $ 22,50.

Sorti de presse en août 1970, « Germanides » est la première étude valable et de quelque importance traitant du germanium et de ses composés publiée aux USA. L'ouvrage traduit du russe présente des données techniques et expérimentales sur la préparation métallurgique, la structure de l'électron et les caractéristiques physiques du germanium et de ses dérivés.

A l'heure actuelle, des secteurs de l'industrie en nombre toujours croissant utilisent de plus en plus de nouveaux matériaux présentant des caractéristiques physico-chimiques particulières et complexes telles que : propriétés diélectriques et de semi-conducteur, réactivité chimique faible ou élevée, résistance à la corrosion, etc. Au cours des dernières décennies, on a mis au point toute une série de composés métalliques réfractaires auxquels on peut recourir aux températures élevées sans altérer leurs propriétés chimiques ou physiques. Parallèlement aux composés plus familiers que sont ceux du silicium et du carbone (siliciures et carbures) résistant aux températures élevées, on accorde ces derniers temps un intérêt accru au germanium et à ses combinaisons chimiques avec les autres éléments de la table périodique, c'est-à-dire les germaniures. Ces composés sont caractérisés par des points de fusion inférieurs à ceux des siliciures et des carbures, mais, d'autre part, plusieurs germaniures présentent des propriétés électrophysiques et magnétiques remarquables qui s'avèrent vitales pour les techniques de pointe et les technologies avancées.

Le germanium incorporé aux dispositifs semi-conducteurs offre un éventail largement étalé d'applications dans les communications, le redressement de courant électrique, le traitement électronique des données, l'astronautique et le guidage des missiles. Comme emplois subsidiaires, on relève les dispositifs optiques à l'infrarouge, la céramique, l'émaillage, les additifs de batteries d'accumulateurs, les agents de soudure, etc.

Cet ouvrage fournit de plus une source unique de références relatives tant aux données disponibles qu'aux informations non publiées jusqu'à présent sur le germanium et ses composés, qui résultent des travaux récents de spécialistes soviétiques et occidentaux.

Les auteurs décrivent en détail les procédés de préparation du germanium et de ses combinaisons avec les divers éléments du tableau de Mendeljev; ils mettent l'accent, en particulier, sur la phase germaniure.

Le dernier chapitre du livre est consacré aux divers usages du germanium et de ses dérivés (alliages ou combinaisons binaires) avant tout en technologie des semi-conducteurs, en métallurgie de précision, comme résistances à la chaleur, transducteurs, etc.

A noter que Samsonov, co-auteur principal de l'ouvrage, est directeur-administrateur de l'Institut de la Métallurgie et des Alliages spéciaux de l'Académie des Sciences de la R.S.S. d'Ukraine.

Bibliographie : 465 références

Imprimerie Robert LOUIS, s.p.r.l., rue Borrens 37-41 1050 Bruxelles
Drukkerij Robert LOUIS, p.v.b.ba., Borrensstraat, 37-41 1050 Brussel